



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0003809
(43) 공개일자 2019년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/52 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5275 (2013.01)
H01L 27/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7037426
(22) 출원일자(국제) 2017년05월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2018년12월24일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/033291
(87) 국제공개번호 WO 2017/205174
국제공개일자 2017년11월30일
(30) 우선권주장
62/342,620 2016년05월27일 미국(US)

(71) 출원인
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
프레이어 데이비드 지
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
브로트 로버트 엘
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
마이어 저스틴 피
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(74) 대리인
양영준, 조윤성, 김영

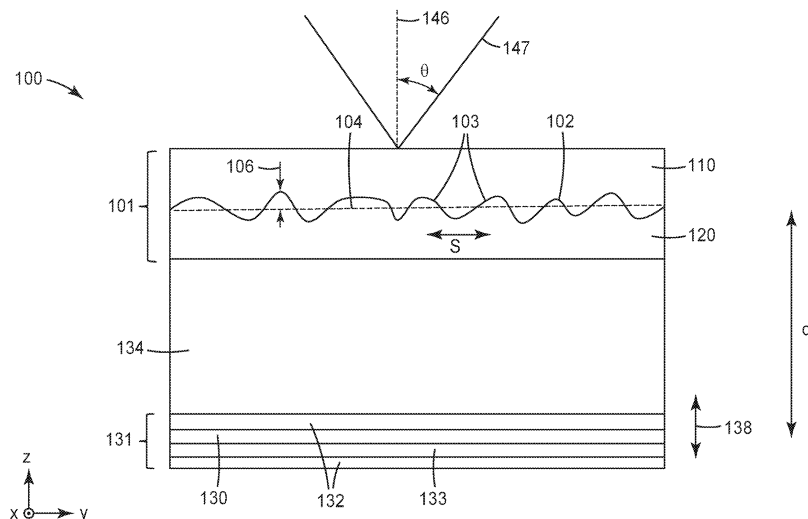
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 개선된 색 균일도를 갖는 OLED 디스플레이

(57) 요약

시야각에 따른 색상의 변동성을 감소시키도록 구성된 방출 OLED 층 및 나노구조화된 계면을 갖는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이들이 기술되어 있다. 상이한 굴절률들을 갖는 제1 및 제2 층들을 갖는 광학 적층물은 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함한다. 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치된다. 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 갖고, 파수-PSD 곱은 6 라디안/마이크로미터와 제2 층의 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖는다. 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 낮은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/5237 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서,

방출 OLED 층; 및

제1 층과 제2 층 사이의 나노구조화된 계면 - 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 적어도 1.4인 상이한 제2 굴절률을 갖고, 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역(evanescent zone)의 외측에 근접하게 배치되고, 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density, PSD)를 갖고, 파수-PSD 곱은 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 가짐 - 을 포함하고,

6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하인 OLED 디스플레이.

청구항 2

제1항에 있어서, 파워 스펙트럼 밀도는 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수들에 대해 파워 스펙트럼 밀도의 최대치의 0.3배 이하인 OLED 디스플레이.

청구항 3

제1항에 있어서, 파워 스펙트럼 밀도는 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱보다 큰 적어도 하나의 파수에 대해 파워 스펙트럼 밀도의 최대치의 적어도 0.1배인 OLED 디스플레이.

청구항 4

제1항에 있어서, 평균 픽셀 간격을 갖고, 나노구조화된 계면은 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격이 평균 픽셀 간격의 0.1배 미만인 OLED 디스플레이.

청구항 5

제1항에 있어서, 나노구조화된 계면과 방출 OLED 층 사이에 봉지재(encapsulant)가 배치되는 OLED 디스플레이.

청구항 6

제1항에 있어서, 방출 OLED 층은 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들은 최단 중심 파장(λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 제2 굴절률은 n_2 이고, $1.6\pi n_2/\lambda_a$ 보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하이고, $2.2\pi(n_2+0.9)/\lambda_a$ 보다 큰 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하인 OLED 디스플레이.

청구항 7

제1항에 있어서, 제2 굴절률은 적어도 1.6이고, 나노구조화된 계면은 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산(variance)이 Var 이고, 반경이 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 0의 파수(zero wavenumber)에 중심을 둔 푸리에 공간(Fourier space)에서의 원에 의해 구속되고 그 내부에 포함된 영역에 걸친 PSD의 제1 적분이 Var 의 4배 이하인 OLED 디스플레이.

청구항 8

제1항에 있어서, 방출 OLED 층과 나노구조화된 계면 사이에 배치된 내부 층을 추가로 포함하고,

디스플레이가 완전히 온 상태일 때, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 0도의 시야각에서의 제1 광 출력은 내부 층에서 제1 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제2 색상을 갖고, 방출 OLED 층으로부터

디스플레이에 대한 법선에 대해 45도의 시야각에서의 제2 광 출력은 내부 층에서 제3 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제4 색상을 갖고, 제1 및 제3 색상들은 그들 사이에 제1 색도 차이(chromaticity distance)를 갖고, 제2 및 제4 색상들은 그들 사이에 제2 색도 차이를 갖고, 나노구조화된 계면은 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.75배 미만이도록 구성되는 OLED 디스플레이.

청구항 9

유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서,

방출 OLED 층;

방출 OLED 층에 근접하게 배치된 나노구조화된 계면; 및

방출 OLED 층과 나노구조화된 계면 사이에 배치된 내부 층을 포함하고,

디스플레이가 완전히 온 상태일 때, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 0도의 시야각에서의 제1 광 출력은 내부 층에서 제1 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제2 색상을 갖고, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 45도의 시야각에서의 제2 광 출력은 내부 층에서 제3 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제4 색상을 갖고, 제1 및 제3 색상들은 그들 사이에 제1 색도 차이를 갖고, 제2 및 제4 색상들은 그들 사이에 제2 색도 차이를 갖고, 나노구조화된 계면은 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.75배 미만이도록 구성되는 OLED 디스플레이.

청구항 10

제9항에 있어서, 내부 층은 OLED 봉지 층인 OLED 디스플레이.

청구항 11

유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서,

방출 OLED 층; 및

2개의 인접한 층들 사이의 나노구조화된 계면 - 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 그리고 그에 근접하여 배치되고, 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 가짐 - 을 포함하고,

나노구조화된 계면은, 방출 OLED 층으로부터 방출 OLED 층에 법선인 관찰 방향으로의 광에 대해 실질적으로 어떠한 회절 투과도 제공하지 않도록 구성되고, 나노구조화된 계면은, 방출 OLED 층으로부터 법선에 대한 10도 초과의 각도에서의 적어도 일부 관찰 방향들로의 광에 대해 회절 투과를 제공하도록 구성되는 OLED 디스플레이.

청구항 12

유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서,

방출 OLED 층; 및

제1 층과 제2 층 사이의 나노구조화된 계면 - 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 제2 굴절률은 적어도 1.6이고, 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 그리고 그에 근접하게 배치되고, 나노구조화된 계면은 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산(Var), 및 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 가짐 - 을 포함하고,

반경이 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 구속되는 영역에 걸친 PSD의 제1 적분이 Var의 4배 이하인 OLED 디스플레이.

청구항 13

제12항에 있어서, 푸리에 공간에서의 2차원 환체(annulus)에 걸친 PSD의 제2 적분이 $(2\pi)^2$ Var의 0.8 내지 1.0 배이고, 환체는 내부 파수가 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 외부 파수가 16 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱인 OLED 디스플레이.

청구항 14

제12항에 있어서, 방출 OLED 층은 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들은 최단 중심 파장 (λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 PSD의 제2 적분이 $(2\pi)^2 \text{Var}$ 의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda_a$ 의 범위이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 의 범위이고, n_2 는 제2 굴절률인 OLED 디스플레이.

청구항 15

제14항에 있어서, 내부 파수는 $2\pi n_2/\lambda_a$ 이고, 외부 파수는 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 이고, 제2 적분은 $(2\pi)^2 \text{Var}$ 의 0.9 내지 1.0배인 OLED 디스플레이.

청구항 16

유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키는 방법으로서,

봉지된 방출 OLED 층을 제공하는 단계; 및

봉지된 방출 OLED 층 상에 광학 적층물을 배치하는 단계 - 광학 적층물은 연속적인 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 제2 층은 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 광학 적층물은 OLED 디스플레이로부터의 광 출력의 시야각에 따른 색상 변동을 감소시키도록 구성됨 - 를 포함하고,

나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 방출 OLED 층은 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 배치하는 단계는 광학 적층물을 제공하는 단계를 포함하고, 제공하는 단계는,

방출 OLED 층의 0의 시야각에서 특성 파장을 결정하는 단계;

색상 보정 없이 방출 OLED 층의 광 출력을 보존하는 것이 요구되는 방출 OLED 층의 최고 시야각을 결정하는 단계;

중심 파장을 제2 굴절률과 최고 시야각의 사인값의 합으로 나눈 값으로서 길이 스케일(length scale)을 결정하는 단계; 및

반경이 6 라디안을 길이 스케일로 나눈 값이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 경계지어지고 그 내부에 포함된 영역에 걸친 나노구조화된 계면의 파워 스펙트럼 밀도의 적분이, 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산의 4배 이하이도록 나노구조화된 계면을 형성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 착색된 서브픽셀들은 최단 중심 파장, 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 갖고, 특성 파장은 최단 중심 파장이고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 적어도 1.6π 와 제2 굴절률의 곱을 최단 중심 파장으로 나눈 값이고, 외부 파수가 2.2π 를 최단 중심 파장으로 나눈 값과 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱 이하인 방법.

청구항 19

유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위한 광학 적층물의 용도로서, 광학 적층물은 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 광학 적층물은 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치되는데, 이때 제2 층이 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 있고, 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 광학 적층물의 용도.

청구항 20

제19항에 있어서, 방출 OLED 층은 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들은 최단 중심 파장

(λa), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 $1.8\pi n_2/\lambda a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda a$ 의 범위이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda a$ 의 범위이고, n_2 는 제2 굴절률인 광학 적층물의 용도.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

- [0001] 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이들은 종종 관찰 방향에 따라 변하는 색상을 갖는 광 출력을 생성한다.
- [0002] 미국 특허 출원 공개 제2010/0110551호(Lamansky 등)는, 가요성 기재, 구조화된 층, 고굴절률 백필 층(backfill layer), 및 선택적인 패시베이션 층을 포함하는, 광 추출을 향상시키기 위한 다기능 광학 필름을 기재한다. 구조화된 층은 광 생성 영역에 충분히 가까이 위치된 미세복제된 회절 또는 산란 나노구조물들을 효과적으로 사용하여, OLED 디바이스로부터의 소멸파(evanescent wave)의 추출을 가능하게 한다.
- [0003] 미국 특허 제8,538,224호(Lamansky 등)는 OLED 디바이스들에 대한 내부 나노구조물들 및 외부 미세구조물들을 갖는 광 추출 필름을 기재한다. 광 추출 필름은 실질적으로 투명한 가요성 필름, 필름에 적용되는 저굴절률 나노구조화된 층, 및 나노구조화된 층 위에 적용되는 고굴절률 평탄화 백필 층을 포함한다. 외부 광학 미세구조물들은, 더 균일한 휘도 분포를 제공하면서 OLED 디바이스들로부터의 광 추출을 향상시키기 위해 나노구조화된 층의 반대편 측에서 실질적으로 투명한 가요성 필름에 적용된다.
- [0004] 미국 특허 제8,541,778호(Seki 등)는, 투명한 지지 기재; 및 경화된 수지 층 - 이는 투명한 지지 기재 상에 적층되고 그의 표면 상에 형성된 오목부들 및 볼록부들을 가짐 - 을 갖는 회절 격자를 기재하는데, 여기서 원자간력 현미경(atomic force microscope)을 사용하여 경화된 수지 층의 표면 상에 형성된 오목부들 및 볼록부들의 형상을 분석함으로써 획득된 오목부 및 볼록부 분석 이미지에 대해 2차원 고속 푸리에 변환 처리를 수행함으로써 푸리에 변환된 이미지가 획득될 때, 푸리에 변환된 이미지는 원형 또는 환형 패턴을 나타낸다.

발명의 내용

- [0005] 본 발명의 일부 태양들에서, 방출 OLED 층, 및 제1 층과 제2 층 사이의 나노구조화된 계면을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이가 제공된다. 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 적어도 1.4인 상이한 제2 굴절률을 갖고, 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 근접하게 배치된다. 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(power spectral density, PSD)를 갖고, 파수-PSD 곱은 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖는다. 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하이다.
- [0006] 본 발명의 일부 태양들에서, 방출 OLED 층, 방출 OLED 층에 근접하게 배치된 나노구조화된 계면, 및 방출 OLED 층과 나노구조화된 계면 사이에 배치된 내부 층을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이가 제공된다. 디스플레이가 완전히 온 상태일 때, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 0도의 시야각에서의 제1 광 출력은 내부 층에서 제1 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제2 색상을 갖고, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 45도의 시야각에서의 제2 광 출력은 내부 층에서 제3 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제4 색상을 갖는다. 제1 및 제3 색상들은 그들 사이에 제1 색도 차이(chromaticity distance)를 갖고, 제2 및 제4 색상들은 그들 사이에 제2 색도 차이를 갖는다. 나노구조화된 계면은 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.75배 미만이도록 구성된다.
- [0007] 방출 OLED 층, 및 2개의 인접한 층들 사이의 나노구조화된 계면을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이가 제공된다. 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖고, 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 그리고 그에 근접하게 배치된다. 나노구조화된 계면은, 방출 OLED 층으로부터 방출 OLED 층에 법선인 관찰 방향으로의 광에 대해 실질적으로 어떠한 회절 투과도 제공하지 않도록 구성되고, 방출 OLED 층으로부터 법선에 대한 10도 초과 각도에서의 적어도 일부 관찰 방향들로의 광에 대해 회절 투과를 제

공하도록 구성된다.

[0008] 본 발명의 일부 태양들에서, 방출 OLED 층, 및 제1 층과 제2 층 사이의 나노구조화된 계면을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이가 제공된다. 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 제2 굴절률은 적어도 1.6이다. 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 그리고 그에 근접하게 배치된다. 나노구조화된 계면은 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산(variance)(Var), 및 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 갖는다. 반경이 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 0의 파수(zero wavenumber)에 중심을 둔 푸리에 공간(Fourier space)에서의 원에 의해 구속되는 영역에 걸친 PSD의 제1 적분이 Var의 4배 이하이다.

[0009] 본 발명의 일부 태양들에서, 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키는 방법이 제공된다. 본 방법은 봉지된 방출 OLED 층을 제공하는 단계, 및 봉지된 방출 OLED 층 상에 광학 적층물을 배치하는 단계를 포함한다. 광학 적층물은 연속적인 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 제2 층은 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 광학 적층물은 OLED 디스플레이로부터의 광 출력의 시야각에 따른 색상 변동을 감소시키도록 구성된다. 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는다.

[0010] 본 발명의 일부 태양들에서, 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위한 광학 적층물의 용도가 제공된다. 광학 적층물은 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 여기서 제1 층은 제1 굴절률을 갖고 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖는다. 광학 적층물은 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치되는데, 이때 제2 층은 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 있다. 나노구조화된 계면은, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기를 갖는 임의의 제1 파수 벡터에 대해, 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균(local average) 사이의 최대 차이가 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환형 평균(annular average)의 0.7 내지 1.3배이도록 하는 파워 스펙트럼 밀도를 갖는다. 국소 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배이고, 원호각(subtended angle)이 60도이고 제1 파수 벡터에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환형 섹터(annular sector)에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이다. 환형 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환체(annulus)에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이의 단면도이다.

도 2는 나노구조화된 계면의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)가 집중되는 푸리에 공간에서의 일정 영역의 개략도이다.

도 3a는 파수의 함수로서의 나노구조화된 계면의 PSD의 개략도이다.

도 3b는 파수의 함수로서의 나노구조화된 계면의 파수-PSD 곱의 개략도이다.

도 4a는 파수의 함수로서의 나노구조화된 계면의 PSD의 개략도이다.

도 4b는 파수의 함수로서의 나노구조화된 계면의 파수-PSD 곱의 개략도이다.

도 5는 푸리에 공간에서의 환형 섹터 및 환체를 예시한다.

도 6은 나노구조화된 계면을 제조하기 위한 틀의 개략도이다.

도 7은 OLED 디스플레이의 단면도이다.

도 8a 및 도 8b는 시야각에 따른 OLED 디스플레이들의 색상 출력의 변동을 도시하는 플롯들이다.

도 9는 픽셀화된 디스플레이의 개략도이다.

도 10은 OLED 디스플레이에 의해 생성되는 축상(on-axis) 스펙트럼의 플롯이다.

도 11은 OLED 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키는 방법을 예시하는 흐름도이다.

도 12는 비교예 C1의 광학 적층물의 도면이다.

도 13은 도 12의 계면의 파워 스펙트럼 밀도의 윤곽 플롯이다.

도 14는 톨의 나노구조화된 표면의 이미지이다.

도 15는 도 14의 톨의 나노구조화된 표면의 PSD의 플롯이다.

도 16은 도 14의 톨의 나노구조화된 표면의 파수-PSD 곱의 플롯이다.

도 17은 톨의 나노구조화된 표면의 이미지이다.

도 18은 도 17의 톨의 나노구조화된 표면의 PSD의 플롯이다.

도 19는 도 17의 톨의 나노구조화된 표면의 파수-PSD 곱의 플롯이다.

도 20은 나노구조화된 계면의 PSD의 플롯이다.

도 21은 나노구조화된 계면의 파수-PSD 곱의 플롯이다.

도 22는 나노구조화된 계면의 PSD의 플롯이다.

도 23은 나노구조화된 계면의 파수-PSD 곱의 플롯이다.

도 24는 톨의 나노구조화된 표면의 이미지이다.

도 25는 도 24의 톨의 나노구조화된 표면의 PSD의 플롯이다.

도 26은 도 24의 톨의 나노구조화된 표면의 파수-PSD 곱의 플롯이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 하기 설명에서, 본 명세서의 일부를 형성하고 다양한 실시 형태들이 예시로서 도시되어 있는 첨부 도면을 참조한다. 도면은 반드시 축척대로 그려진 것은 아니다. 다른 실시 형태들이 고려되며 본 발명의 범주 또는 사상으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 하기 상세한 설명은 제한적 의미로 해석되어서는 안 된다.
- [0013] 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이들은 종종 관찰 방향에 따라 변하는 색상을 갖는 광 출력을 생성한다. 이러한 효과는, OLED의 방출 적층물의 캐소드와 애노드 사이의 공동이, 대략 공동 내의 광의 시야각을 파장으로 나눈 값의 코사인값으로서 파장 및 시야각에 의존하는 출력을 갖는, 강한 공동(strong cavity) OLED들에서 특히 부적당하다. 본 발명에 따르면, 나노구조화된 계면을 포함하는 광학 적층물들은, OLED 디스플레이의 방출 층에 근접하게 배치될 때, 디스플레이의 축상 광 출력을 크게 변경하지 않고서 관찰 방향에 따른 색상의 변동을 감소시키는 것으로 밝혀졌다. 나노구조화된 계면은 나노구조물들을 포함하는 2개의 재료들 사이의 계면이며, 여기서 나노구조물들은 1 nm 내지 1000 nm 범위의 적어도 하나의 길이 스케일(length scale)을 갖는 구조물들이다. 일부 실시 형태들에서, 나노구조물들은 10 nm 내지 500 nm 범위, 또는 100 nm 내지 350 nm 범위의 적어도 하나의 길이 스케일을 갖는다.
- [0014] 도 1은 방출 OLED 층(130)의 소멸 구역(138)의 외측에 그리고 그에 근접하게 배치된 광학 적층물(101)을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이(100)의 단면도이다. 소멸 구역(138)은 전형적으로 방출 OLED 층(130)으로부터의 가시광의 수 개의 파장들만을 z-방향으로 연장시킨다. OLED 적층물(131)은 방출 층(130), 전극들(132), 및 정공 수송 층(133)을 포함한다. 내부 층(134)은 방출 OLED 층(130)으로부터 광학 적층물(101)을 분리시킨다. 내부 층(134)은 방출 OLED 층(130)에 대한 봉지재일 수 있다. 광학 적층물(100)은 제1 층(110)과 제2 층(120) 사이에 배치된 나노구조화된 계면(102)을 포함하는데, 이때 제2 층(120)이 제1 층(110)과 방출 OLED 층(130) 사이에 배치된다. 나노구조화된 계면(102)은 평균 평면(104)으로부터, $h(x,y)$ 로 표기되는 변위(106)를 갖는다. 나노구조화된 계면(102)은 방출 OLED 층(130)으로부터 일정 거리(d)에 배치된다. 거리(d)는 평균 평면(104)으로부터 방출 OLED 층(130)의 상부까지의 거리이다. 일부 실시 형태들에서, d는 적어도 5 마이크로미터 또는 적어도 10 마이크로미터이고, 일부 실시 형태들에서, d는 100 마이크로미터 이하 또는 50 마이크로미터 이하이다. 나노구조화된 계면(102)은 복수의 피크들(103), 및 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격(S)을 갖는다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 평균은 달리 명시되지 않는 한 비가중 산술 평균을 지칭한다. 나노구조화된 계면(102)의 평균 평면(104)으로부터의 변위(106)의 분산은 Var로 표기될 것이다. 도 1은 또한 디스플레이(100) 내의 픽셀에 대한 시야 원추(cone of view)(147)를 예시하는데, 시야 원추(147)는 디스플레이(100)에 대한 법선(146)에 대해 반각(θ)을 갖는다. 반각(θ)은, 예를 들어 60도일 수 있다.
- [0015] 일부 실시 형태들에서, 제1 및 제2 층들(110, 120)은 연속 중합체 상(phase)을 갖는 중합체 층들이다. 제1 및

제2 층들(110, 120) 중 어느 하나는 굴절률을 변경시키기 위하여 무기 나노입자들을 포함할 수 있다. 그러한 나노입자들은 전형적으로 평균 크기가 100 nm 미만이다(평균 크기는 나노 입자들의 평균 체적(V)(비가중 산술 평균)으로부터 $(6 V/\pi)^{1/3}$ 으로서 결정될 수 있다). 일부 실시 형태들에서, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기술된 바와 같이 연속 캐스팅 및 경화 공정에서 제1 층(110)을 형성하기 위해 원하는 나노구조화된 표면을 갖는 틀이 사용된다. 제2 층(120)은, 예를 들어 제1 층(110)의 나노구조화된 표면을 가교결합성 조성물로 백필 함으로써 형성될 수 있다. 백필 재료는, 예를 들어 하기 방법들 중 하나의 방법을 사용하여 제2 층(120)을 형성하기 위해 적용될 수 있다: 액체 코팅; 증기 코팅; 분말 코팅; 라미네이션; 딥-코팅; 또는 물-투-물 코팅. 일부 실시 형태들에서, 백필 재료는 나노구조화된 계면의 반대편에 평면 표면을 형성한다. 제1 및 제2 층들(110, 120) 각각은 연속 층들(예컨대, 연속 중합체 상을 갖는 층)일 수 있다. 제1 및 제2 층들(110, 120) 각각은 고체 층들(예컨대, 경질 또는 연질 중합체 층들)일 수 있다.

[0016] 제1 층(110)은 가교결합된 수지 층일 수 있고, 예를 들어 굴절률이 1.2 내지 1.6의 범위 또는 1.4 내지 1.55의 범위일 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 굴절률은, 달리 명시되지 않는 한 또는 그 내용이 명백히 달리 지시하지 않는 한, 532 nm에서 측정된 굴절률을 지칭한다. 일부 실시 형태들에서, 제2 층(120)은 굴절률이 적어도 1.4, 또는 적어도 1.5, 또는 적어도 1.6, 또는 적어도 1.7, 또는 적어도 1.75이다. 일부 실시 형태들에서, 제2 층(120)은 굴절률이 제1 층(110)의 굴절률보다 크다. 제1 및 제2 층들(110, 120)은 나노구조화된 계면(102)을 가로질러 굴절률 차(refractive index contrast)(제2 층(120)의 굴절률과 제1 층(110)의 굴절률의 차이의 절대값)를 제공한다. 일부 실시 형태들에서, 굴절률 차는 나노구조화된 계면(102)을 따라 일정하다. 일부 실시 형태들에서, 굴절률 차는 0.1, 또는 0.2, 또는 0.3 내지 1.0의 범위이다. 일부 실시 형태들에서, 제1 층(110)은 초저 굴절률 재료, 예컨대 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함되는 미국 특허 출원 공개 제2012/0038990호(Hao 등)에 기재된 것들이고, 굴절률이 1.2 내지 1.35의 범위이고, 제2 층(120)은 굴절률이 1.7 초과인 고굴절률 층이다.

[0017] 전형적으로, 큰 굴절률 차를 가질 것이 요구되는데, 이는 나노구조화된 계면을 통해 투과되는 회절력이 굴절률 차의 제공에 비례하기 때문이고, 이것은 제2 층(120)에 대해 고굴절률 재료를 이용함으로써 달성될 수 있다. 제2 층(120)에 대한 적합한 재료들의 예들은 하기를 포함한다: 고굴절률 무기 재료들; 고굴절률 유기 재료들; 나노입자 충전된 중합체 재료; 질화규소; 고굴절률 무기 재료들로 충전된 중합체들; 및 고굴절률 공액 중합체들. 고굴절률 중합체들 및 단량체들의 예들은 문헌[C. Yang, et al., Chem. Mater. 7, 1276 (1995), 및 R. Burzynski, et al., Polymer 31, 627 (1990)] 및 미국 특허 제6,005,137호에 기재되어 있으며, 이들 모두는 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함된다. 고굴절률 무기 재료들로 충전된 중합체들의 예들은 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함되는 미국 특허 제6,329,058호에 기재되어 있다. 나노입자 충전된 중합체 재료용 나노입자들의 예들은 하기의 고굴절률 재료들을 포함한다: TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2 , 또는 다른 무기 재료들.

[0018] 일부 실시 형태들에서, 나노구조화된 계면(102)은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 갖는다. PSD는, x-y 평면의 일정 면적에 걸친 $h(\vec{x})$ - 여기서 $\vec{x} = (x, y)$ 는 x-y 평면에서의 벡터임 - 로도 표기되는 변위 $h(x, y)$ 의 2차원 푸리에 변환의 크기 제곱(magnitude squared)을 취하고 $h(x, y)$ 에서의 피크들 사이의 평균 간격과 비교하여 충분히 큰 면적의 경우 그 일정 면적으로 나눔으로써 산출되어, 푸리에 변환의 크기 제곱 대 면적의 비가 면적에 대략 독립적이게 한다. 파수 벡터($\vec{k}$)($\mathbf{k}$ 로도 표기됨)에서의 PSD는 충분히 큰 면적(A)의 경우

$$PSD(\vec{k}) = \frac{1}{A} \left| \int_A d^2x e^{-i\vec{k} \cdot \vec{x}} h(\vec{x}) \right|^2$$

[0019] 로서 표현될 수 있다. 전형적으로, 평균 간격은 1 마이크로미터 미만이고, 10 마이크로미터 $\times$ 10 마이크로미터의 정사각형 면적은 PSD를 결정하기 위한 충분히 큰 면적이다. PSD는 길이의 네제곱 단위를 갖는다. PSD의 정의로부터, PSD의 2차원 푸리에 공간 적분이 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산(Var)과 $(2\pi)^2$ 의 곱이라는 결론이 나온다. 본 명세서에 기술된 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도들을 이용하는 것은, PSD가 적합하게 선택될 때 OLED 디스플레이의 색상 출력(예컨대, 밝기, 색상 및 콘트라스트

트)을 크게 변경하지 않고서 원하는 색상 보정을 제공하는 데 유용하다는 것으로 밝혀졌다.

[0021]

도 2는 나노구조화된 계면의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)가 집중되는 푸리에 공간에서의 일정 영역의 개략도이다. 환체(212)는 내부 원(214) 및 외부 원(216)에 의해 경계지어지는 푸리에 공간에서의 2차원 영역이고, 이들 양쪽 모두는 0의 파수(222)에 중심을 둔다. 내부 원(214)은 환체(212)의 내부 파수로서 기술될 수 있는 k_{in} 의 반경을 갖고, 외부 원(216)은 환체(212)의 외부 파수로서 기술될 수 있는 k_{out} 의 반경을 갖는다. 푸리에 공간 전체에 걸친 PSD의 적분은 $(2\pi)^2$ 과 분산(Var) - 이는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술됨 - 의 곱이다. 일부 실시 형태들에서, 원(214)에 의해 구속되고 그 내부에 포함된 영역(213)에 걸친 PSD의 푸리에 공간에서의 적분은 Var의 4배 이하, 또는 Var의 2배 이하, 또는 Var 이하이다. 일부 실시 형태들에서, 푸리에 공간에서의 2차원 환체(212)에 걸친 PSD의 적분은 $(2\pi)^2$ 과 Var의 곱의 0.8 내지 1.0배(즉, $0.8 (2\pi)^2 \text{ Var}$ 이상 $(2\pi)^2 \text{ Var}$ 이하)이거나, 또는 $(2\pi)^2$ 과 Var의 곱의 0.9 내지 1.0배이다. 일부 실시 형태들에서, 푸리에 공간에서의 2차원 환체(212)에 걸친 PSD의 적분은 대략 $(2\pi)^2$ 과 Var의 곱(예컨대, $(2\pi)^2$ 과 Var의 곱의 5% 이내)이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 12 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 14 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이다. 일부 실시 형태들에서, k_{out} 은 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱, 또는 12 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱, 또는 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱, 또는 14 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.866의 합의 곱, 또는 16 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 2π 라디안/(700 나노미터)와 제2 굴절률의 곱 내지 2π 라디안/(400 나노미터)와 제2 굴절률의 곱의 범위이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 2π 라디안/(600 나노미터)와 제2 굴절률의 곱 내지 2π 라디안/(500 나노미터)와 제2 굴절률의 곱의 범위이다. 일부 실시 형태들에서, k_{out} 은 2π 라디안/(700 나노미터)와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱 내지 2π 라디안/(400 나노미터)와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱의 범위이다. 일부 실시 형태들에서, k_{out} 은 2π 라디안/(600 나노미터)와 제2 굴절률과 0.866의 합의 곱 내지 2π 라디안/(500 나노미터)와 제2 굴절률과 0.866의 합의 곱의 범위이다. 일부 실시 형태들에서, 방출 OLED 층은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기술된 바와 같이 최단 중심 파장(λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 갖는 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함한다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 $1.6\pi n_2/\lambda_a$ 또는 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 또는 $2\pi n_2/\lambda_a$ 이며, 여기서 n_2 는 제2 굴절률이다. 일부 실시 형태들에서, k_{out} 은 $2\pi (n_2+0.866)/\lambda_a$ 또는 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 또는 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 또는 $2.2\pi (n_2+1)/\lambda_a$ 이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 적어도 $1.6\pi n_2/\lambda_a$ 또는 적어도 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 또는 적어도 $2\pi n_2/\lambda_a$ 이고, k_{out} 은 $2.2\pi (n_2+1)/\lambda_a$ 이하 또는 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 이하 또는 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 이하 또는 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 이하이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda_a$ 의 범위이고, k_{out} 은 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 의 범위이다.

[0022]

원점으로부터 떨어져 있는 푸리에 공간에서의 임의의 지점은 원점으로부터 그 지점까지의 파수 벡터를 정의한다. 매체 내에서 전파되는 광의 파수 벡터는 전파 방향에서의 단위 벡터와 매체의 굴절률과 2π 의 곱을 광의 자유 공간 파장으로 나눈 값의 곱이다. 파수 벡터의 크기는 파수로 지칭된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 파수 벡터 및 파수는, 라디안이 명시적으로 언급되지 않더라도 단위 길이당 라디안으로 표현된다. PSD는 2차원 파수 벡터의 함수이고, PSD가 방위각에 대해 대칭일 때, PSD는 파수의 함수이다. 파수 벡터에서 평가된 PSD와 파수 벡터의 크기의 곱은 본 명세서에서 파수-PSD 곱으로 지칭될 것인데, 이는 일반적으로 파수 벡터의 함수이고, PSD가 방위각에 대해 대칭일 때, 파수-PSD 곱은 파수의 함수이다.

[0023]

입사 파수 벡터를 갖는 광이, 매체 내의 입사광의 파장과 비교하여 작은 피크 대 피크 진폭을 갖는 변위 $h(x, y)$ 를 갖는 나노구조화된 계면 상에서 매체에 입사되고, 투과된 파수 벡터를 갖는 광이 나노구조화된 계면에 의해 회절될 때, 나노구조화된 계면을 통해 투과되는 회절력은 투과된 파수 벡터와 입사 파수 벡터의 수평 성분들(예컨대, 도 1의 x-y 평면 상으로의 투과된 파수 벡터와 입사 파수 벡터의 투영) 사이의 차이에서 평가된 PSD에 대략 비례한다. 크기 $(2\pi/\lambda)(n_2)$ 의 입사 파수 벡터를 갖는 광 - 여기서 n_2 는 제2 층(예컨대, 층(120))의 굴절률이고 λ 는 방출 OLED 층으로부터의 광의 특성 파장임 - 은, $(2\pi/\lambda)(n_2)$ 에서 평가된 PSD에 비례하는 투과된 회절력을 갖고서 (입사 파수 벡터의 수평 투영이 대략 $(2\pi/\lambda)(n_2)$ 의 크기를 갖도록) 광이 높은 입사각으로 나노구조화된 계면 상에 입사되는 경우 디스플레이에 법선인 방향으로 회절될 수 있다. 디스플레이에 대한 법선 방향인 광 출력이 나노구조화된 계면의 존재에 의해 실질적으로 변경되지 않을 것이 종종 요구되기 때문에, k_{in} 은 $(2\pi/\lambda)(n_2)$ 이상일 것이 요구될 수 있다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기술된 바와 같이, 일

부 경우에, 나노구조화된 계면이, 디스플레이에 대한 법선에 대한 공기 중에서의 소정 각도(ϕ) 미만의 시야각들에 대해 광 출력을 크게 변경하지 않을 것이 요구될 수 있다. 그러한 경우에, k_{in} 은 $(2\pi/\lambda)(n_2 + \sin \phi)$ 이상일 것이 요구될 수 있다.

[0024] k_{in} 과 k_{out} 사이의 파수들에서의 PSD는 디스플레이에 대한 법선에 대한 시야각들을 증가시키기 위해 회절 투과의 점진적인 증가를 제공하는데, 이는 회절 투과에 기여하는 푸리에 공간에서의 영역이 점진적으로 증가되기 때문이다. 회절 투과의 이러한 점진적인 증가는 개선된 색 균일도를 야기하는 색상 혼합의 점진적인 증가를 제공하는 것으로 밝혀졌다. 수평 성분이 $(2\pi/\lambda)(n_2 + \sin \theta)$ 보다 큰 크기를 갖는 파수 벡터를 갖는 나노구조화된 계면 상에 입사되는 광은 디스플레이에 대한 법선에 대한 θ 도 미만의 시야각으로 회절될 수 없다. θ 이 최대 시야각(예컨대, 디스플레이의 시야 원추의 반각 - 이는, 예를 들어 60도일 수 있음)인 경우, $(2\pi/\lambda)(n_2 + \sin \theta)$ 초과파의 파수들을 갖는 PSD의 부분은 디스플레이의 시야 원추 내로의 회절 투과에 크게 기여하지 않는다. 따라서, 일부 실시 형태들에서, k_{out} 는 $(2\pi/\lambda)(n_2 + \sin \theta)$ 이하이다.

[0025] k_{in} 을 결정하기 위해 선택된 특성 파장(λ)은 k_{out} 를 결정하기 위해 선택된 것과는 상이할 수 있다. 예를 들어, k_{in} 을 결정하기 위한 특성 파장은 OLED 디스플레이 내의 적색 방출기들의 파장들에 기초할 수 있는 반면, k_{out} 를 결정하기 위한 특성 파장은 OLED 디스플레이 내의 청색 방출기들의 파장들에 기초할 수 있다. 이것은, 나노구조화된 계면이 디스플레이의 시야 원추에서의 모든 색상들에 대해 원하는 색상 혼합 효과를 제공하는 것을 보장하기 위해 행해질 수 있다. 다른 실시 형태들에서, 하나의 색상이 다른 색상들보다 더 많이 회절되는 것이 유리할 수 있고, 특성 파장(λ)은 k_{in} 및 k_{out} 양쪽 모두를 결정할 때 그 색상에 대한 파장인 것으로 취해질 수 있다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 및 k_{out} 양쪽 모두를 결정하기 위해 선택된 특성 파장(λ)은 OLED 디스플레이의 착색된 서브픽셀들의 최단 중심 파장이다.

[0026] 도 3a는 파수의 함수로서의 나노구조화된 계면의 PSD의 이상화된 개략도이다. 이러한 이상화된 경우에, PSD는 k_{in} 과 k_{out} 사이에서만 0이 아니며, 그것은 이러한 파수 범위에서 최대값 PSD_{max}인 일정한 크기를 갖는다. 다른 경우에, PSD는 k_{in} 보다 작은 파수들 k 에 대해 0이 아닐 수 있고, k_{in} 과 k_{out} 사이의 k 에 대해 일정하지 않을 수 있고, k_{out} 보다 큰 k 에 대해 0이 아닐 수 있다. 나노구조화된 계면을 통한 회절력은 PSD에 비례하는 피적분 함수(integrand)에 걸친 푸리에 공간에서의 2차원 적분에 의해 결정된다. 이러한 2차원 적분은, 각도 좌표(ϕ)를 갖는 극좌표들에서 $k dk d\phi$ 에 의해 주어지는 미분 면적 요소 d^2k 를 갖는다. 따라서, 나노구조화된 계면을 통한 회절력은, 파수의 크기를 갖는 파수 벡터에서 평가된 PSD와 파수의 곱에 비례하는 피적분함수의 각도 좌표 및 파수에 걸친 적분에 의해 결정된다. 이러한 곱은 파수-PSD 곱으로 지칭된다. 도 3b는 파수의 함수로서의 나노구조화된 계면의 파수-PSD 곱(kPSD로 표기됨)의 이상화된 개략도이다. 파수-PSD 곱(kPSD)은 최대값이 kPSD_{max}이다.

[0027] 도 4a는 파수의 함수로서의 다른 나노구조화된 계면의 PSD의 개략도이다. PSD는 최대치(PSD_{max})를 갖는데, 이는 k_{in} 보다 크고 k_{out} 보다 작은 파수에 대해 발생한다. 일부 실시 형태들에서, 파수들(k_{in} , k_{out})은 최대치(PSD_{max})의 양측에 있는 지점들인 것으로 취해지며, 여기서 PSD는 그의 최대값의 0.5, 또는 0.3, 또는 0.2, 또는 0.1배이다. 일부 실시 형태들에서, 파수들(k_{in} , k_{out})은 최대치(kPSD_{max})의 양측에 있는 지점들인 것으로 취해지며, 여기서 kPSD는 그의 최대값의 0.5, 또는 0.3, 또는 0.2, 또는 0.1배이다. 도 4b는 파수의 함수로서 파수에서 평가된 나노구조화된 계면의 PSD와 파수의 곱(kPSD로 표기되는 파수-PSD 곱)의 개략도이다. 파수-PSD 곱(kPSD)은 최대값이 kPSD_{max}이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 보다 작은 모든 파수들에 대해, PSD는 PSD_{max}의 0.5배 이하, 또는 PSD_{max}의 0.3배 이하, 또는 PSD_{max}의 0.2배 이하, 또는 PSD_{max}의 0.1배 이하이다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 kPSD_{max}의 0.3배 이하, 또는 kPSD_{max}의 0.2배 이하, 또는 kPSD_{max}의 0.1배 이하, 또는 kPSD_{max}의 0.05배 이하이다. 일부 실시 형태들에서, 선행하는 범위들은, PSD 및 파수-PSD 곱이 그들 각각의 환형으로 평균화된 값들로 대체될 때 - 이는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술됨 -, 그리고 PSD_{max}가 환형으로 평균화된 PSD의 최대치로 대체되고 kPSD_{max}가 환형으로 평균화된 파수-PSD 곱의 최대치로 대체될 때 유지된다.

[0028] 일부 실시 형태들에서, k_{in} 과 k_{out} 사이의 환체에 걸친 푸리에 공간에서의 2차원 적분은 $(2\pi)^2$ 과 Var의 곱의 0.8 내지 1.0배이며, 여기서 Var는 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산이다. 일부 실시 형태들에서, 반경 k_{in} 을 갖는 원 내의 영역에 걸친 그리고 반경 k_{out} 를 갖는 원 외측의 영역에 걸친 푸리에 공간에서의 2차원 적분은 합계가 $(2\pi)^2$ 과 Var의 곱의 0.2배 이하가 된다.

[0029] 일부 실시 형태들에서, PSD는 k_{in} 과 k_{out} 사이에 집중되지만, k_{out} 보다 큰 파수들로부터 실질적인 기여가 있다

(예컨대, PSD는 PSDmax의 0.05배 초과, 또는 PSDmax의 0.1배 초과일 수 있다). 이것은, 나노구조화된 계면을 형성할 시에, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 바와 같이, 틀을 사용하는 것으로부터 기인할 수 있으며, 여기서 틀은 PSD에 대한 높은 파수 기여들을 야기하는 높이의 급격한 변화들을 갖는다. 그러한 긴 파수 기여들은 전형적으로 나노구조화된 계면을 포함하는 OLED 디스플레이의 색상 출력 균일도에 크게 영향을 주지 않는 것으로 여겨진다.

[0030] 푸리에 공간에서의 일정 영역에 걸친 양(예컨대, PSD 또는 파수 벡터-PSD 곱)의 평균은 그 영역에 걸친 양의 적분을 그 영역의 면적으로 나눈 값을 지칭한다. 파수에서의 PSD(또는 파수-PSD 곱)의 환형 평균은, 내부 반경이 파수의 0.9배이고 외부 반경이 파수의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환체에 걸친 PSD(또는 파수-PSD) 곱의 평균이다. 일부 실시 형태들에서, 6 내지 9 라디안/마이크로미터의 범위 내의 적어도 하나의 k_1 의 경우, PSD의 환형 평균은 k_1 과 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, PSD는 k_1 과 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수들에 대해 최대 환형 평균의 0.1, 또는 0.2, 또는 0.3배 이하이다. 일부 실시 형태들에서, 6 내지 9 라디안/마이크로미터의 범위 내의 적어도 하나의 k_1 의 경우, 파수-PSD 곱의 환형 평균은 k_1 과 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 파수-PSD 곱은 k_1 과 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수들에 대해 최대 환형 평균의 0.1, 또는 0.2, 또는 0.3배 이하이다.

[0031] 도 3 및 도 4의 파수들(k_{in} , k_{out})은 도 2와 관련하여 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 값들 중 임의의 값을 취할 수 있다.

[0032] 도 5는 실질적인 방위각 대칭을 기술하는 데 유용한 환형 섹터(517)를 포함하는 환체(515)를 예시한다. 환체(515) 및 환형 섹터(517)는 제1 크기(k_1)를 갖는 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 의해 결정된다. 환체(515)는 제1 크기(k_1)의 0.9배인 내부 반경(R_{in}) 및 제1 크기(k_1)의 1.1배인 외부 반경(R_{out})에 의해 경계지어지는 푸리에 공간에서의 영역이다. 환체(515)는 0의 파수(522)에 중심을 둔다. 환형 섹터(517)는 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 중심을 두고, σ 의 원호각을 갖는다. 환형 섹터는 $\mathbf{k}_1$ 의 양측에서 $1/2$ 의 방위각(σ)으로 연장되는 환체(515)의 일부분이다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기(k_1)를 갖는 임의의 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 대해, 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이가 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환형 평균의 0.67 내지 1.33배인 경우, 파워 스펙트럼 밀도는 실질적으로 방위각에 대해 대칭이며, 여기서 국소 평균은, 내부 반경(R_{in})이 제1 크기의 0.9배이고 외부 반경(R_{out})이 제1 크기(k_1)의 1.1배이고 원호각이 σ 이고 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환형 섹터(517)에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고, 환형 평균은, 내부 반경(R_{in})이 제1 크기(k_1)의 0.9배이고 외부 반경(R_{out})이 제1 크기(k_1)의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환체(515)에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고, σ 는 60도이다.

[0033] 일부 실시 형태들에서, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기(k_1)를 갖는 임의의 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 대해, 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이는 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환형 평균의 0.7 내지 1.3배, 또는 0.8 내지 1.2배, 또는 0.9 내지 1.1배가 된다.

[0034] 일부 실시 형태들에서, 더 작은 환형 섹터가, PSD가 실질적으로 방위각에 대해 대칭인지 여부를 결정하는 데 사용될 때, PSD는 여전히 실질적으로 방위각에 대해 대칭이다. 예를 들어, 일부 실시 형태들에서, PSD는 원호각(σ)이 30도일 때 실질적으로 방위각에 대해 대칭이다.

[0035] 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱의 범위는 실질적으로 방위각 대칭을 정의하는 데 사용되는데, 이는 나노구조화된 계면에 의해 제공되는 생성된 색 균일도가 전형적으로 다른 범위들보다 이 범위에 더 민감한 것으로 밝혀졌기 때문이다. PSD는 또한 더 넓은 파수 범위 내에서 대략 방위각에 대해 대칭일 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱, 또는 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱, 또는 14 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱인 제1 크기(k_1)를 갖는 임의의 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 대해, 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이는 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환형 평균의 0.7 내지 1.3배, 또는 0.8 내지 1.2배이며, 여기서 국소 평균은, 내부 반경(R_{in})이 제1 크기의 0.9배이고 외부 반경(R_{out})이 제1 크기(k_1)의 1.1배이고 원호각이 σ 이고 제1 파수 벡터($\mathbf{k}_1$)에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환형 섹터(517)에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고, 환형 평균은, 내부 반경(R_{in})이 제1 크기(k_1)의 0.9배이고 외부 반경(R_{out})이 제1 크기(k_1)의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환체(515)에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고, σ 는 60도

또는 30도이다.

[0036] PSD는 어느 정도의 방위각 변동성을 가질 수 있고, 여전히 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 것으로 간주될 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 PSD는 n -겹 대칭축을 갖는다. 이것은, PSD가 360도의 각도를 n 으로 나눈 값에 의해 분리되는 공통 크기를 갖는 임의의 2개의 파수 벡터들에 대해 동일한 값을 갖는 것을 의미한다. 예를 들어, 도 5의 파수 벡터들(k_1 , k_2)은 동일한 크기(k_1)를 갖고, 각도(γ)에 의해 분리되어 있다. PSD가 파수 벡터들의 임의의 2개의 그러한 쌍들에서 공통 값을 갖는 경우 및 γ 이 360도를 n 으로 나눈 값인 경우, PSD는 n -겹 대칭을 갖는 것으로 기술될 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도는 적어도 6-겹 회전 대칭을 갖는다.

[0037] 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 파워 스펙트럼 밀도들을 갖는 나노구조화된 계면들은 나노구조화된 표면을 갖는 틀을 사용하여 제조될 수 있다. 도 6은 나노구조화된 계면을 제조하기 위한 틀(640)의 개략도이다. 틀(640)은 기재(643) 내에 부분적으로 매설된 복수의 입자들(642)을 포함한다. 틀(640)을 제조하기 위한 유용한 기법들은 미국 특허 출원 제2014/0193612호(Yu 등) 및 미국 특허 제8,460,568호(David 등)에 기재되어 있으며, 이들은 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함된다. 틀의 나노구조화된 표면은 원자간력 현미경(AFM)에 의해 특성화될 수 있고, 이것은, 예를 들어 고속 푸리에 변환을 통해 표면의 PSD를 결정할 시에 사용될 수 있다. 간단히 요약하면, 틀(640)은 입자들(642)을 중합체 전구체 매트릭스 중에 분산시켜 층을 형성함으로써 제조될 수 있다. 이어서, 층은 건조 또는 경화된다. 이것은 열을 가하여 용매를 증발시키거나 또는 화학 방사선을 적용하여 층을 경화시킴으로써 행해질 수 있다. 일부 경우에, 층을 가열하여 용매를 제거하고, 이어서 화학 방사선을 적용하여 층을 경화시킨다. 이어서, 층은 틀(640)을 형성하기 위해 에칭될(예컨대, 반응성 이온 에칭될) 수 있다. 이어서, 틀(640)은 제1 층에 나노구조화된 표면을 형성하는 데 사용될 수 있는데, 제1 층은 이어서 나노구조화된 계면을 갖는 광학 적층물을 형성하기 위해 백필될 수 있다. 나노구조화된 표면은, 수지가 틀(640)에 대해 캐스팅되고, 예를 들어 화학(에컨대, 자외선) 방사선 또는 열에 의해 경화되는, 연속 캐스팅 및 경화 공정에서 형성될 수 있다. 연속 캐스팅 및 경화 공정들의 예들은 하기 특허들에 기재되어 있으며, 이들 모두는 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함된다: 미국 특허 제4,374,077호; 제4,576,850호; 제5,175,030호; 제5,271,968호; 제5,558,740호; 및 제5,995,690호.

[0038] 틀(640)은 평균 간격(S)을 갖는 나노구조화된 계면을 생성한다. 입자들(642)은 전형적으로 랜덤으로 응집되므로, 입자들(642)은 전형적으로 주기적인 격자 상에 있지 않다. 나노구조화된 계면의 평균 간격은 평균 피크 대 피크 최근접 이웃 거리로서 정의될 수 있는데, 이것은, 틀(640)의 경우에, 이웃하는 입자들 사이의 평균 중심 대 중심 거리에 대응한다. 입자들은 평균 크기(D)를 갖는다. 단분산 구형 입자들의 경우에, 이것은 입자들의 직경이다. 다른 경우에, 평균 크기(D)는 입자들의 평균 체적(V)(나노구조화된 계면을 형성할 시에 사용된 입자들에 대한 비가중 산출 평균)으로부터 $D = (6 V / \pi)^{1/3}$ 으로서 결정된다.

[0039] 층 내의 입자들의 충분히 높은 로딩(loading)을 이용하는 것은, 나노구조화된 계면에 대한 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 PSD를 야기하는데, 이는 입자들이 대략 방위각에 대해 대칭인 방식으로 랜덤으로 응집하기 때문이다. 입자들의 크기(D), 및 입자들의 로딩, 또는 입자들의 생성된 평균 중심 대 중심 간격(S)은 도 4 및 도 5에 예시된 파수들(k_{in} , k_{out})을 결정하기 위해 선택될 수 있다. 전형적으로, 입자들의 높은 로딩을 선택하는 것은, 푸리에 공간에서의 얇은 영역에 국소화되고(k_{out} 가 k_{in} 보다 훨씬 더 크지는 않음) 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 PSD를 야기할 것이다. 높은 로딩은, 틀(640)이 형성될 때 입자들(642)이 층 내에 거의 조밀하게 패키징된다는 것을 의미한다. 입자 로딩을 감소시키는 것은 S 를 증가시키고 파수(k_{in})를 더 작은 값들로 이동시킨다. 일반적으로, 파수(k_{out})는 입자들의 크기(D)에 반비례하고, 파수(k_{in})는 입자들 사이의 간격(S)에 반비례한다. 따라서, 틀(640)에 대한 길이 스케일들(D , S)을 선택함으로써, 예를 들어 도 4에서와 같이 k_{in} 과 k_{out} 사이에 집중되는 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 PSD를 갖는 나노구조화된 표면이 제조될 수 있다.

[0040] 일부 실시 형태들에서, 틀(640)이 나노구조화된 계면을 형성하기 위해 에칭될 때, 입자들(642) 및 기둥들의 상부를 갖는 기둥-유사 구조물들이 형성된다. 그러한 기둥-유사 구조물들은 생성된 PSD에 높은 파수 기여들을 제공한다. 이러한 높은 파수 기여들은, 생성된 나노구조화된 계면들을 포함하는 OLED 디스플레이들의 색 균일도 성능에 크게 영향을 주지 않는 것으로 여겨진다. 기둥들의 높이는 에칭 공정에 의해 제어될 수 있다. 높이들을 감소시키는 것은 PSD에 대한 높은 파수 기여를 감소시키므로, k_{in} 과 k_{out} 사이의 PSD를 증가시킨다. 도 7은, (도 1에 예시된 바와 같은) 나노구조화된 계면을 갖는 광학 적층물(701), (도 1에 예시된 바와 같은) 방출 OLED 층을 포함하는 OLED 적층물(731), 및 OLED 적층물(731)에 대한 봉지재 층일 수 있는 내부 층(734)을 포함하는 OLED 디스플레이(700)의 단면도이다. 광학 적층물(701)은, 예를 들어 원형 편광기 및 터치 감응형 층과

같은 추가 층들을 포함할 수 있다. 도 7은 디스플레이(700)에 대한 법선(746)에 대해 0도의 시야각에서의 제1 광 출력(742) 및 법선(746)에 대해 α 의 시야각에서의 제2 광 출력(744)을 예시한다. 시야각(α)은 45도일 수 있고, 디스플레이는 다양한 색상들 및 색상 차이들이 특정될 때 완전히 온 상태일 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 달리 명시되지 않는 한, 시야각은 디스플레이의 외부의 공기 중에서 관찰될 때 디스플레이에 대한 법선에 대한 시야각을 지칭한다. 제1 광 출력(742)은 내부 층(734)에서 제1 색상(742a)을 그리고 디스플레이(700)의 외부에서 제2 색상(742b)을 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 광학 적층물이 디스플레이에 법선 방향인 시야각에서 광 출력을 변경하지 않도록 구성되기 때문에 제1 및 제2 색상들(742a, 742b)은 동일한 색상이다. 제2 광 출력(744)은 내부 층(734)에서 제3 색상(744a)을 그리고 디스플레이(700)의 외부에서 제4 색상(744b)을 갖는다.

[0041] 제1 및 제3 색상들(742a, 744a)은 그들 사이에 제1 색도 차이를 갖고, 제2 및 제4 색상들(742b, 744b)은 그들 사이에 제2 색도 차이를 갖는다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 색도 차이는 CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) 1976 UCS(Uniform Chromaticity Scale) 색도도에서 2개의 지점들 사이의 유클리드 거리(Euclidean distance)를 지칭한다. 예를 들어, 제1 색상이 CIE 1976 UCS 색 좌표들(u'_1, v'_1)을 갖고 상이한 제2 색상이 CIE 1976 UCS 색 좌표들(u'_2, v'_2)을 갖는 경우, 2개의 색상들 사이의 색도 차이는 $(\Delta u'v')^2 = (u'_2 - u'_1)^2 + (v'_2 - v'_1)^2$ 의 양의 제곱근에 의해 주어진다.

[0042] 일부 실시 형태들에서, 광학 적층물(701)의 나노구조화된 계면은, 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.75배 미만, 또는 0.6배 미만, 또는 0.5배 미만이도록 구성된다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 논의된 바와 같이, 이것은, 도 3 및 도 4를 참조하여, 제1 광(742)이 나노구조화된 계면에 의해 회절되지 않도록 k_{in} 을 충분히 크게 선택하고, 내부 층(734)에서 일정 범위의 방향들로 전파되는 광이 시야각(α)으로 회절될 수 있도록 k_{in} 과 k_{out} 사이의 영역에서의 PSD가 대략 균일하게 되도록 선택함으로써 달성될 수 있다. 강한 공동 OLED들에서, 예를 들어, 내부 층(734)에서의 색상은 전파 방향 및 일정 범위의 전파 방향들로부터의 회절 광에 따라 상당히 변하고, 그에 따라서 각도(α)에 의해 특정되는 관찰 방향으로서의 내부 층(734)으로부터의 일정 범위의 색상들은 시야각(α)에서의 평균화된 색상을 야기한다. 이러한 효과는 시야각에 따른 감소된 색상 변동을 야기한다. 일부 실시 형태들에서, 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층으로부터 법선에 대한 10도 초과, 또는 20도 초과, 또는 30도 초과 각도(α)에서의 적어도 일부 관찰 방향들로의 광에 대해 회절 투과를 제공하도록 구성된다.

[0043] 도 8a 및 도 8b는 시야각에 따른 OLED 디스플레이들의 색상 출력의 변동을 도시하는 개략적인 CIE 1976 UCS $u'v'$ 플롯들이다. 도 8a는 나노구조화된 계면을 포함하지 않는 디스플레이의 색상 출력을 도시하고, 도 8b는 나노구조화된 계면을 갖는 광학 적층물이 동일한 디스플레이 상에 배치될 때 그 디스플레이의 색상 출력을 도시한다. 0도, 45도 및 60도의 공기 중에서의 시야각들에 대응하는 지점들이 두 플롯들 상에 도시되어 있다. 시야각에 따른 색 변이는 나노구조화된 계면이 포함되어 있을 때 실질적으로 감소된다. 일부 경우에, 일부 원추각(cone angle) 내의 광이 회절 없이 나노구조화된 계면을 통해 투과되도록 나노구조화된 계면을 선택할 것이 요구될 수 있다. 이러한 원추각은 색상 보정 없이 방출 OLED 층의 광 출력을 보존하는 것이 요구되는 방출 OLED 층의 최고 시야각으로서 기술될 수 있다. 이러한 각도는 도 8a에서 ϕ 에 의해 표기되어 있다. 예를 들어, 0.005의 색도 변이가 최대 허용가능한 색 변이일 수 있고, 이러한 각도는 예를 들어 0도 내지 10도, 또는 20도의 범위에 있을 수 있다.

[0044] 나노구조화된 계면은 OLED 디스플레이의 픽셀 간격보다 작은 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격을 가질 것이 전형적으로 요구된다. 일부 실시 형태들에서, 나노구조화된 계면은 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격이 100 nm 내지 350 nm의 범위, 또는 150 nm 내지 250 nm의 범위이다.

[0045] 도 9는 복수의 픽셀들(945)을 포함하는 픽셀화된 디스플레이(900)의 개략도이다. 픽셀들(945) 각각은 전형적으로, 원하는 색상이 각각의 픽셀(945)에 의해 생성되게 하는 복수의 서브픽셀들을 포함한다. 예를 들어, 예시된 서브픽셀들(945a, 945b, 945c)은 청색, 녹색 및 적색 서브픽셀들일 수 있는데, 이들은 원하는 색상 및 원하는 세기를 제공하기 위해 조정가능한 출력 레벨들을 가질 수 있다. 픽셀들(945)은 평균 픽셀 간격(P)을 갖는다. 일부 실시 형태들에서, OLED 디스플레이(900)는 평균 픽셀 간격(P)을 갖고, 나노구조화된 계면은 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격이 평균 픽셀 간격(P)의 0.2배 미만, 또는 0.1배 미만, 또는 0.05배 미만이다.

[0046] 나노구조화된 계면을 제조하는 데 사용되는 토폴로 연관된 길이 스케일들(예컨대, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 입자 크기(D) 및 평균 간격(S))은, OLED 디스플레이의 서브픽셀들에 의해 생성되는 색상들에 적어도 부분적으로 기초하여 선택될 수 있다.

[0047] 도 10은 OLED 디스플레이에 대한 법선 방향으로(0의 시야각) 관찰할 때 디스플레이에 의해 생성되는 스펙트럼의 플롯이다. 서브픽셀들(945a, 945b, 945c)의 색상들에 대응하는 3개의 피크들이 존재한다. 최단 중심 파장은 λ_a 로 표기되고, 최장 중심 파장은 λ_c 로 표기되고, 중간 중심 파장은 λ_b 로 표기된다. 일부 실시 형태들에서, 이러한 파장들 중 적어도 하나가 도 3 및 도 4에 도시된 적합한 파수(k_{in})를 결정할 시에 사용된다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 은 다음과 같이 결정된다: (i) OLED 디스플레이의 특성 파장(λ)을 결정. 일부 실시 형태들에서, 이러한 파장은 방출 OLED 층의 0의 시야각에서의 중간 중심 파장(λ_b)인 것으로 선택된다. 일부 실시 형태들에서, 이러한 파장은 방출 OLED 층의 0의 시야각에서의 최단 중심 파장(λ_a)인 것으로 선택된다. 다른 실시 형태들에서, 최단 중심 파장(λ_a)과 중간 중심 파장(λ_b) 사이의 파장이 특성 파장(λ)으로서 사용된다. 중심 파장들은 0의 시야각에서 디스플레이의 광 출력을 측정함으로써 결정될 수 있거나, 또는 중심 파장들은 OLED 제조업자에 의해 제공될 수 있다. (ii) 색상 보정 없이 방출 OLED 층의 광 출력을 보존하는 것이 요구되는 방출 OLED 층의 최고 시야각(ϕ)을 결정. 이것은 도 8a에서와 같이 색상 스펙트럼을 측정하고 색 변이가 허용불가능하게 되기 시작하는 시야각을 결정함으로써 행해질 수 있다. 허용불가능한 것으로 여겨지는 최대 색 변이는 응용에 의존할 수 있다(예컨대, 그것은 핸드-헬드(예컨대, 휴대 전화들) 및 텔레비전 디스플레이들에 대해 상이할 수 있다). 일단 최대 허용가능한 색 변이(예컨대, 0.005의 CIE 1976 UCS 색도 차이)가 특정되면, 각도(ϕ)는 도 8a에서와 같이 색도 플롯으로부터 결정될 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 실질적으로 색 변이가 없는 것은 허용가능한 것으로 여겨지고, 각도(ϕ)는 0이다. (iii) 특성 파장(λ)을 제2 굴절률(n_2)과 최고 시야각의 사인값의 합으로 나눈 값으로서 길이 스케일(L)을 결정($L = \lambda / (n_2 + \sin(\phi))$). 이어서, k_{in} 에 대응하는 파수는 $2\pi/L$ 이다.

[0048] 일부 실시 형태들에서, 나노구조화된 계면을 형성하기 전에 k_{out} 에 대응하는 파수가 또한 결정된다. 이것은 다음과 같이 결정될 수 있다: (i) 디스플레이의 시야 원추의 반각(θ)을 결정. 이것은 제조된 사양으로서 또는 간단히 특정 디스플레이 응용에 대해 관심 대상인 특정 최대 시야각으로서 결정될 수 있다. (ii) 방출 OLED 층의 0의 시야각에서 최단 중심 파장(λ_a)을 결정. 이것은 0의 시야각에서 디스플레이의 광 출력을 측정함으로써 행해질 수 있거나, 또는 방출 OLED 층의 제조업자에 의해 최단 중심 파장(λ_a)이 제공될 수 있다. 다른 실시 형태들에서, 다른 중심 파장들(λ_b 또는 λ_c) 중 하나가 결정되고 k_{out} 를 결정할 시에 사용된다. 일부 실시 형태들에서, k_{in} 을 결정할 시에 사용된 특성 파장은 k_{out} 를 결정할 시에도 또한 사용된다. (iii) 중심 파장(λ_a)을 제2 굴절률(n_2)과 반각(θ)의 사인값의 합으로 나눈 값으로서 제2 길이 스케일(L_2)을 결정($L_2 = \lambda_a / (n_2 + \sin(\theta))$). 다른 실시 형태들에서, k_{in} 을 결정할 시에 사용된 특성 파장은 제2 길이 스케일(L_2)을 결정할 시에 사용되거나, 또는 다른 중심 파장들(λ_b 또는 λ_c) 중 하나는 제2 길이 스케일(L_2)을 결정할 시에 사용될 수 있거나, 또는 λ_a 와 λ_c 사이의 일부 다른 파장이 사용될 수 있다. 이어서, k_{out} 에 대응하는 파수는 $2\pi/(L_2)$ 이다.

[0049] 길이 스케일(L), 및 선택적으로 제2 길이 스케일(L_2)이 결정된 후에, 반경이 6 라디안을 길이 스케일(L)로 나눈 값이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 경계지어지고 그 내부에 포함된 영역에 걸친 나노구조화된 계면의 파워 스펙트럼 밀도의 적분, 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산의 4배 이하 이도록 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 나노구조화된 계면이 형성된다. 나노구조화된 계면은 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기술된 바와 같은 톨 및 캐스팅 및 경화 공정을 사용하여 형성될 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 파워 스펙트럼 밀도는 6 라디안을 길이 스케일(L)로 나눈 값보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 파워 스펙트럼 밀도는 6 라디안을 길이 스케일(L)로 나눈 값보다 작은 파수들에 대해 최대치의 0.3배, 또는 0.2배, 또는 0.1배 이하이다. 일부 실시 형태들에서, 파수-PSD 곱은 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하, 또는 최대치의 0.2배 이하, 또는 최대치의 0.1배 이하이다. 일부 실시 형태들에서, 파워 스펙트럼 밀도에서의 최대치는 2π 를 길이 스케일(L)로 나눈 값보다 큰 파수에서 발생하고, 파워 스펙트럼 밀도는 2π 를 길이 스케일(L)로 나눈 값보다 작은 파수들에 대해 최대치의 0.3배 이하, 또는 0.3배 이하, 또는 0.1배 이하이다. 일부 실시 형태들에서, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분은 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이다. 일부 실시 형태들에서, 환체는 내부 파수가 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 외부 파수가 16 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱이다. 일부 실시 형태들에서, 환체는 k_{in} 의 내부 파장 및 k_{out} 의 외부 파장을 갖는데, 여기서 k_{in} 및 k_{out} 는 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 값들 중 임의의 값을 취할 수 있다(예컨대, k_{in} 은 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda_a$ 의 범위일 수 있고, k_{out} 는 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 의 범위일 수 있다).

[0050] 도 11은 OLED 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키는 방법을 요약하는 흐름도이다. 단계

(1152)에서, 봉지된 방출 OLED 층이 제공된다. 단계(1154)에서, 특성 중심 파장(λ), 색상 보정을 갖지 않는 최고 시야각(ϕ), 및 길이 스케일(L)이 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 기술된 바와 같이 결정된다. 일부 실시 형태들에서, 최단 중심 파장(λ_a), 반각(θ), 및 제2 길이 스케일(L2)이 또한 결정된다. 단계(1156)에서, 나노구조화된 계면을 제조하는 데 사용되는 틀이 제공된다. 틀은, 예를 들어, 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기술된 바와 같이(예컨대, 도 6 참조), 층 내에 분산된 입자들을 사용하고 반응성 이온 에칭을 사용하여 제조될 수 있고, 파라미터들(L, λ , ϕ , 및 선택적으로 L2 및 θ)은 틀을 제조할 때의 입자 크기 및 로딩을 결정할 시에 사용될 수 있다. 단계(1158)에서, 나노구조화된 계면을 포함하는 광학 적층물이 제조된다. 본 명세서의 어딘가 다른 곳에 추가로 기술된 바와 같이, 광학 적층물은 틀에 대해 제1 층을 캐스팅하고 경화시켜 나노구조화된 표면을 형성함으로써 제조될 수 있다. 이어서, 나노구조화된 표면은 백필 재료로 백필되어 광학 적층물을 형성할 수 있다. 이어서, 광학 적층물은 봉지된 방출 OLED 층 상에 광학 적층물을 배치함으로써 OLED 디스플레이에서의 색상 변동을 감소시키는 데 사용될 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 광학 적층물은, 예를 들어 광학적으로 투명한 접착제를 통해 봉지된 방출 OLED 층에 라미네이팅된다.

[0051] 실시예

[0052] 비교예 C1

[0053] 도 12에 예시된 2차원 주기적인 광학 적층물(1201)이 모델링되었다. 도 12에 도시된 프로파일은 x- 및 y-치수들 양쪽 모두로 연장된다. 프로파일은 22개의 연속하는 400 nm 높이의 등변사다리꼴들의 반복들로 이루어졌다. 이들 중 처음 12개는 500 nm의 밑변들을 가졌고; 다음 10개는 600 nm의 밑변들을 가졌다. 제1 층(1210)은, 1.50의 굴절률을 갖고 흡수가 없는 수지 층으로서 모델링되었다. 제2 층(1220)은 1.85의 굴절률 및 $0.025 \mu\text{m}^{-1}$ 의 흡수 계수를 갖는 것으로서 모델링되었다. 제2 층(1220)은 사다리꼴들의 밑변들에서 $2.5 \mu\text{m}$ 아래에 있는 평면으로 연장되었다.

[0054] 도 13은 제1 층(1210)과 제2 층(1220) 사이의 계면의 파워 스펙트럼 밀도를 도시한다. 파워 스펙트럼 밀도의 진폭은 파수 벡터의 직교좌표 성분들의 함수로서 도시되어 있다. 파워 스펙트럼 밀도는 실질적으로 방위각에 대해 대칭이 아니다. 그 형태는 $2\pi/0.5 \mu\text{m}$ 또는 $2\pi/0.6 \mu\text{m}$ 인 간격들을 갖는 2개의 정사각형 그리드들의 블러링된 중첩과 유사하다. 이러한 푸리에 그리드들은 x 및 y 양쪽 모두에서 0.5 및 $0.6 \mu\text{m}$ 의 공간적 주기성들에 대해 예상된 바와 같고, 블러링은 12개 또는 10개의 구성원들만을 포함하기 위해 사다리꼴들의 클러스터들을 절두한 결과이다.

[0055] Samsung Galaxy S6에서의 원형 편광기와 유사한 원형 편광기를 갖는 OLED 디스플레이를, 광학 적층물(1201)이 OLED 디스플레이의 OLED 방출 층들과 원형 편광기 사이에 배치된 상태로 모델링하였다. 광학 적층물(1201)은 OLED 디스플레이의 봉지재 층 상에 배치하였는데, 그것은 그의 변위된 표면의 평균이 OLED 방출 적층물의 상부에서 $10 \mu\text{m}$ 위에 있는 상태로 위치설정되었다. 구조물의 수지 층 및 봉지재 층은 동일한 굴절률을 갖는 것으로 모델링되어서, 제2 층(1220)이 OLED 디바이스의 매체 내에 삽입되는 것으로 간주될 수 있도록 하였다. OLED 방출 층들의 모델링은 본 발명에 모순되지 않는 정도로 본 명세서에 참고로 포함되는 미국 특허 제7,801,716호(Freier)에 기재된 바와 같았다. 광학 적층물(1201)의 모델링은 문헌[Rice et al., Communications on Pure and Applied Mathematics, Volume 4, pp. 351-378, 1951]에 일반적으로 기술된 바와 같은 브래그(Bragg) 이론을 사용하여 행해졌다. 이러한 모델에서, 투과된 회절력은 제1 층(1210)과 제2 층(1220) 사이의 굴절률 차이의 제곱 및 입사 파수 벡터 및 투과된 파수 벡터의 수평(x-y 평면) 투영에서의 차이에서 평가된 계면의 파워 스펙트럼 밀도에 비례한다. 편광 의존적 광선 추적을 사용하여, OLED 방출 층들, 광학 적층물(1201), 및 원형 편광기 사이의 상호작용들을 모델링하였다.

[0056] 표 1은 도 12에 도시된 광학 적층물(1201)이 포함된 경우("구조물을 갖는 경우") 및 포함되지 않는 경우("대조군") 양쪽 모두에서 평가된, 코노스코프 밝기, 코노스코프 색상, 주위 반사율, 및 방출 콘트라스트의 성능 메트릭들을 요약한다.

[0057] [표 1]

		관찰 방향						
		측방향	직각(Perpendicular)			수직(Vertical)		
			30°	45°	60°	30°	45°	60°
밝기	대조군	304	222	126	71	230	138	87
	구조물을 갖는 경우	231 (↓ 24%)	169	101	64	174	110	78
색상	대조군	u'=0.0857 v'=0.5797	0.019	0.029	0.028	0.019	0.028	0.028
	구조물을 갖는 경우	u'=0.0881 v'=0.5788	0.017 (↓ 11%)	0.020 (↓ 31%)	0.016 (↓ 43%)	0.016 (↓ 16%)	0.020 (↓ 29%)	0.016 (↓ 43%)
주위 반사율	대조군	0.0007 (0.07%)	0.0019	0.0063	0.0126	0.0028	0.0086	0.0182
	구조물을 갖는 경우	0.0016 (0.16%)	0.0033	0.0057	0.0083	0.0037	0.0065	0.0104
방출 콘트라스트	대조군 10 μm x 10 μm	299 (2100:1)	220 (960:1)	126 (550:1)	70 (230:1)	225 (940:1)	139 (930:1)	86 (780:1)
	구조물을 갖는 경우 100 μm x 100 μm	234 (210:1)	164 (82:1)	99 (50:1)	61 (19:1)	169 (89:1)	108 (54:1)	74 (21:1)

[0058]

[0059] 축상 밝기는 광학 적층물(1201)의 존재로 인해 24%만큼 감소되었다. 색상은 측방향 관찰 방향에서의 CIE 1976 UCS 색도 좌표들로서 보고되고, 이러한 색상으로부터의 색도 차이들이 0이 아닌 관찰 방향들에 대해 주어진다. "구조물을 갖는 경우"에 대한 괄호 안의 수치는 구조화된 요소에 기인하는 색 변이의 감소율이다.

[0060] 주위 반사율은, 디바이스를 균일한 1-니트(nit) 램버트 태양 휘도로 조명하고, 밝기를 관찰 방향의 함수로서 평가하고, 이러한 값들을 1 니트와 비교함으로써 평가되었다. 원형 편광기의 존재 하에서, 지배적인 기여는 전방 표면 반사이다. 이들은, 내부에 의해 이루어진 비교적 작은 기여가 정확하게 평가될 수 있도록 평가들로부터 제외된다.

[0061] 체커판을 디스플레이 상에서 조명했을 때, 방출 콘트라스트는, 조명된 정사각형들에서의 평균 인지된 밝기를 어두운 정사각형들에서의 평균 인지된 밝기로 나눈 값으로서 평가되었다. 방출 콘트라스트 비가 1000:1 이상인 것이 종종 요구된다. 방출 콘트라스트는 체커판의 치수들에 따라 증가된다. 대조군의 방출 콘트라스트는 10 μm × 10 μm 체커판에 대해 1000:1을 초과한다. 구조물이 존재하면, 방출 콘트라스트는 1000 μm × 1000 μm 초과의 체커판들에 대해서만 1000:1을 초과한다. 여기서, 구조물에 의해 유도되는 열화(심지어 더 큰 체커판들의 경우에도, 콘트라스트를 낮춤)를 명백히 예시하기 위해 100 μm × 100 μm 체커판에 대한 "구조물을 갖는 경우"의 방출 콘트라스트들이 보고된다.

[0062] 실시예 1

[0063] 광학 적층물(1201)을, 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 나노구조화된 계면을 갖는 광학 적층물로 대체한 것 이외에는, 비교예 C1에서와 같이 OLED 디스플레이를 모델링하였다. 제1 및 제2 층들에 대한 굴절률 및 흡수율은 비교예 C1에 대해 기술된 바와 같았다.

[0064] 파워 스펙트럼 밀도는 도 2 및 도 3a에 도시된 바와 같이 모델링되었는데, 여기서, k_{in} 은 $(2\pi/\lambda)(n_2)$ 에 의해 주어지고, k_{out} 은 $(2\pi/\lambda)(n_2 + \sin \theta)$ 에 의해 주어지고, λ 는 530 nm인 것으로 취해졌고, θ 는 60도인 것으로 취해졌다. 나노구조화된 계면의 진폭은, 표면 변위의 그의 평균으로부터의 분산이 $(125 \text{ nm})^2$ 이도록 선택되었다. 이러한 분산은 PSD_{max}의 값을 고정시켰다.

[0065] [표 2]

		관찰 방향						
		측 방향	직 각			수 직		
			30°	45°	60°	30°	45°	60°
밝기	대조군	304	222	126	71	230	138	87
	구조물을 갖는 경우	278 (↓ 8%)	183	98	54	193	109	66
색상	대조군	u'=0.0857 v'=0.5797	0.019	0.029	0.028	0.019	0.028	0.028
	구조물을 갖는 경우	u'=0.0865 v'=0.5796	0.018 (↓ 5%)	0.023 (↓ 21%)	0.018 (↓ 36%)	0.020 (↓ 5%)	0.022 (↓ 21%)	0.018 (↓ 36%)
주위 반사율	대조군	0.0007 (0.07%)	0.0019	0.0063	0.0126	0.0028	0.0086	0.0182
	구조물을 갖는 경우	0.0008 (0.08%)	0.0019	0.0029	0.0035	0.0025	0.0041	0.0065
방출 콘트라스트	대조군 10 μm x 10 μm	299 (2100:1)	220 (960:1)	126 (550:1)	70 (230:1)	225 (940:1)	139 (930:1)	86 (780:1)
	구조물을 갖는 경우 10 μm x 10 μm	281 (1400:1)	179 (99:1)	96 (34:1)	50 (16:1)	186 (120:1)	106 (37:1)	63 (18:1)

[0066]

[0067]

비교예 C1과 비교하면, 실시예 1은 개선된 측방향 밝기(나노구조화된 계면으로 인해 측방향 밝기의 감소가 실질적으로 더 낮았음), 개선된 측방향 색상, 대조군의 내부 반사율보다 더 크지 않은 개선된 내부 반사율, 및 심지어 10 μm × 10 μm 체커판에 대해서도, 1000:1을 초과하여 유지되는 개선된 측방향 방출 콘트라스트를 나타냈다.

[0068]

툴 A

[0069]

툴 A는 기재의 표면으로부터 돌출된 입자들을 갖는 물품이었고, 미국 특허 출원 제2014/0193612호(Yu 등) 및 미국 특허 제8,460,568호(David 등)에 일반적으로 기재된 바와 같이 제조되었다. SILQUEST A-174(Momentive Performance Materials Inc.(미국 뉴욕주 워터포드 소재)로부터 입수가 가능함) 표면 개질된 SiO₂ 나노입자들을, 다이펜타에리트리톨 펜타아크릴레이트(Sartomer Americas(미국 펜실베이니아주 엑스톤 소재)로부터 입수가 가능한 수지 SR399) 중에 50 중량% 로딩으로 분산시켜, 나노입자 로딩된 중합체 전구체를 형성하였는데, 이를 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 필름 상에 코팅하고 자외선(UV) 방사선으로 경화시켜, 대략 입자들의 단층을 포함하는 코팅을 형성하였다. 입자들은 440 nm의 직경을 갖는 대략 구형이었다. 입자들은 대략 단분산성이었지만 더 적은 개수의 훨씬 더 작은 입자들을 포함하였다.

[0070]

원통형 전극을 사용하여, 대응하는 물-투-물 원통형 반응성 이온 에칭(Reactive Ion Etching, RIE) 프로세스에 의해, 나노입자 코팅된 PET 필름을 에칭하기 위해, 미국 특허 출원 제2014/0193612호(Yu 등) 및 미국 특허 제8,460,568호(David 등)에 일반적으로 기재된 장치 및 프로세스를 사용하였다. 원통형 전극의 폭은 42.5 인치(1.08 미터)였고, 그의 직경은 20 인치(0.51 미터)였다. 산소 가스 유량은 100 표준 cm³/분으로 유지되었고, Rf 전력이 7500 와트로 인가되었다. 이러한 조건들로부터 생성되는 프로세스 압력은 3 내지 5 mTorr였다. 나노입자 코팅된 필름을 드럼과 함께 병진시켜, 60초의 체류(에칭) 시간을 제공하였다.

[0071]

툴의 생성된 구조화된 표면의 현미경 사진이 도 14에 도시되어 있다. 이미지에서의 입자들의 중심 지점의 x-y 좌표들을 결정함으로써 구조화된 표면의 프로파일이 계산되었고, 이로부터, 각각의 입자의 절반이 기재의 표면으로부터 돌출되었고 입자들이 구형이었다고 가정함으로써 기재의 상부 표면으로부터의 변위 h(x,y)가 결정되었다. 나노구조화된 표면의 분산 및 PSD를 결정하기 위해 분석된 샘플 크기는 (약 41.5 마이크로미터²의 면적에 대해) 7.59 마이크로미터 × 5.48 마이크로미터였다. 변위 h(x,y)의 분산(Var)은 6857 nm²인 것으로 결정되었다. 이어서, PSD는 h(x,y)를 수치적으로 푸리에 변환함으로써 결정되었다. 얻어진 PSD 및 파수-PSD 곡은 실질적으로 방위각에 대해 대칭이었다. PSD 및 파수-PSD 곡의 방위각 평균은 도 15 및 도 16에 각각 도시되어 있다. 도 15에 보이는 낮은 파수 피크는 PSD를 결정할 시에 사용된 비교적 작은 면적으로 인한 것으로 여겨지고, 더 큰 샘플 크기를 사용한 경우 존재할 것으로 예상되지 않을 것이다.

[0072]

툴 B

[0073]

툴 B는, 나노입자 코팅된 PET 필름에 대한 코팅(이는 후속하여 UV 경화되고 에칭되었음)을 제조할 시에 SiO₂ 나노입자의 더 낮은 로딩(40 중량%)을 사용한 것 이외에는, 툴 A와 유사하게 제조되었다. 툴 B의 현미경 사진이

도 17에 도시되어 있는데, 여기서 입자들의 더 낮은 로딩이 사용되었음을 알 수 있다. 나노구조화된 표면의 분산 및 PSD를 결정하기 위해 분석된 샘플 크기는 (약 41.5 마이크로미터^2 의 면적에 대해) $7.60 \text{ 마이크로미터} \times 5.47 \text{ 마이크로미터}$ 였다. 변위 $h(x,y)$ 의 분산(Var)은 6823 nm^2 인 것으로 결정되었다. PSD는 툴 A에 대해 기술된 기법들을 사용하여 결정되었다. PSD 및 파수-PSD 값의 방위각 평균은 도 18 및 도 19에 각각 도시되어 있다. 도 18에 보이는 낮은 파수 피크는 PSD를 결정할 시에 사용된 비교적 작은 면적으로 인한 것으로 여겨지고, 더 큰 샘플 크기를 사용한 경우 존재할 것으로 예상되지 않을 것이다.

[0074] **툴 C**

[0075] 툴 C는, 입자 직경들이 2.2배만큼 감소되고 입자들 사이의 평균 간격이 2.2배만큼 감소된 것 이외에는, 툴 A와 유사하게 제조된다. 툴 C에 대한 PSD 및 파수-PSD 값은, 모든 길이 스케일들이 2.2배만큼 감소된 상태의 툴 A에 대한 PSD 및 파수-PSD 값에 의해 주어진다.

[0076] **툴 D**

[0077] 툴 D는, 입자 직경들이 2.2배만큼 감소되고 입자들 사이의 평균 간격이 2.2배만큼 감소된 것 이외에는, 툴 B와 유사하게 제조된다. 툴 C에 대한 PSD 및 파수-PSD 값은, 모든 길이 스케일들이 2.2배만큼 감소된 상태의 툴 B에 대한 PSD 및 파수-PSD 값에 의해 주어진다.

[0078] **실시예 3**

[0079] 툴 C를 사용하여 구조화된 표면을 제조하는 것 이외에는, 미국 특허 출원 공개 제2010/0110551호(Lamansky 등)에 기재된 바와 같이 연속 캐스팅 및 경화 공정을 사용하여 구조화된 표면을 갖는 제1 층을 제조하고, 이어서 구조화된 표면을 고굴절률 백필로 충전하여 제2 층을 형성하여, 제1 층과 제2 층 사이에 배치된 나노구조화된 계면을 포함하는 광학 적층물이 제조된다. 나노구조화된 계면에 대한 PSD 및 파수-PSD 값은 툴 C에 대한 것들과 동일하고, 도 20 및 도 21에 각각 도시되어 있다. 나노구조화된 계면의 평균 평면으로부터 계면의 변위의 분산(Var)은 1417 nm^2 이다. 나노구조화된 계면은, 예를 들어, 22 라디안/마이크로미터의 k_{in} , 및, 예를 들어, 33 라디안/마이크로미터의 k_{out} 를 갖는 것으로 기술될 수 있다. 광학 적층물은, 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위해 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치된다.

[0080] **실시예 4**

[0081] 툴 D를 사용하여 구조화된 표면을 제조하는 것 이외에는, 미국 특허 출원 공개 제2010/0110551호(Lamansky 등)에 기재된 바와 같이 연속 캐스팅 및 경화 공정을 사용하여 구조화된 표면을 갖는 제1 층을 제조하고, 이어서 구조화된 표면을 고굴절률 백필로 충전하여 제2 층을 형성하여, 제1 층과 제2 층 사이에 배치된 나노구조화된 계면을 포함하는 광학 적층물이 제조된다. 나노구조화된 계면에 대한 PSD 및 파수-PSD 값은 툴 D에 대한 것들과 동일하고, 도 22 및 도 23에 각각 도시되어 있다. 나노구조화된 계면의 평균 평면으로부터 계면의 변위의 분산(Var)은 1410 nm^2 이다. 나노구조화된 계면은, 예를 들어, 18 라디안/마이크로미터의 k_{in} , 및, 예를 들어, 33 라디안/마이크로미터의 k_{out} 를 갖는 것으로 기술될 수 있다. 광학 적층물은, 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위해 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치된다.

[0082] **툴 E**

[0083] 툴 E는, SiO_2 나노입자들이 190 nm 의 평균 입자 직경을 가졌고, 나노입자 코팅된 PET 필름(이는 후속하여 에칭되었음)을 제조할 시에 45 중량%의 로딩을 사용하였고, 20초의 에칭 시간을 사용한 것 이외에는, 툴 A와 유사하게 제조되었다. 나노입자 코팅은 200 nm 의 두께를 갖는 실질적으로 단층의 코팅이었다. 툴 E의 현미경 사진이 도 24에 도시되어 있다. 나노구조화된 표면의 분산 및 PSD를 결정하기 위해 분석된 샘플 크기는 (약 4.19 마이크로미터^2 의 면적에 대해) $2.46 \text{ 마이크로미터} \times 1.70 \text{ 마이크로미터}$ 였다. 변위 $h(x,y)$ 의 분산(Var)은 15249 nm^2 인 것으로 결정되었다. PSD는 툴 A에 대해 기술된 기법들을 사용하여 결정되었다. PSD 및 파수-PSD 값의 방위각 평균은 도 25 및 도 26에 각각 도시되어 있다. 도 25에 보이는 낮은 주파수 피크는 PSD를 결정할 시에 사용된 비교적 작은 면적으로 인한 것으로 여겨지고, 더 큰 샘플 크기를 사용한 경우 존재할 것으로 예상되지 않을 것이다.

[0084] **실시예 5**

- [0085] 톨 E를 사용하여 구조화된 표면을 제조하는 것 이외에는, 미국 특허 출원 공개 제2010/0110551호(Lamansky 등)에 기재된 바와 같이 연속 캐스팅 및 경화 공정을 사용하여 구조화된 표면을 갖는 제1 층을 제조하고, 이어서 구조화된 표면을 고굴절률 백필로 충전하여 제2 층을 형성하여, 제1 층과 제2 층 사이에 배치된 나노구조화된 계면을 포함하는 광학 적층물이 제조된다. 나노구조화된 계면에 대한 PSD 및 파수-PSD 곱은 톨 D에 대한 것들과 동일하고, 이들은 도 25 및 도 26에 각각 도시되어 있다. 나노구조화된 계면의 평균 평면으로부터 계면의 변위의 분산(Var)은 15249 nm^2 이다. 나노구조화된 계면은, 예를 들어, 23 라디안/마이크로미터의 k_{in} , 및, 예를 들어, 34 라디안/마이크로미터의 k_{out} 를 갖는 것으로 기술될 수 있다. 광학 적층물은, 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위해 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치된다.
- [0086] 다음은 본 발명의 예시적인 실시 형태들의 목록이다.
- [0087] 실시 형태 1은 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서, OLED 디스플레이는,
- [0088] 방출 OLED 층; 및
- [0089] 제1 층과 제2 층 사이의 나노구조화된 계면 - 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 적어도 1.4인 상이한 제2 굴절률을 갖고, 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 근접하게 배치되고, 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 갖고, 파수-PSD 곱은 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 가짐 - 을 포함하고,
- [0090] 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하이다.
- [0091] 실시 형태 2는, 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.2배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0092] 실시 형태 3은, 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.1배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0093] 실시 형태 4는, 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0094] 실시 형태 5는, 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0095] 실시 형태 6은, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0096] 실시 형태 7은, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수에 대해 파워 스펙트럼 밀도의 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0097] 실시 형태 8은, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수에 대해 파워 스펙트럼 밀도의 최대치의 0.1배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0098] 실시 형태 9는, 파워 스펙트럼 밀도가 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수에 대해 파워 스펙트럼 밀도의 최대치의 0.1배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0099] 실시 형태 10은, 파워 스펙트럼 밀도가 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱보다 큰 적어도 하나의 파수에 대해 파워 스펙트럼 밀도의 최대치의 적어도 0.1배인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0100] 실시 형태 11은, 평균 픽셀 간격을 갖고, 나노구조화된 계면은 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격이 평균 픽셀 간격의 0.1배 미만인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0101] 실시 형태 12는, 나노구조화된 계면이 최근접 이웃 피크들 사이의 평균 간격이 100 nm 내지 350 nm의 범위인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0102] 실시 형태 13은, 나노구조화된 계면과 방출 OLED 층 사이에 봉지재가 배치되는, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.

- [0103] 실시 형태 14는, 제2 굴절률이 제1 굴절률보다 더 큰, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0104] 실시 형태 15는, 제2 굴절률이 적어도 1.6인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0105] 실시 형태 16은, 제2 굴절률이 적어도 1.7인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0106] 실시 형태 17은, 제1 및 제2 층들 각각이 연속 중합체 상을 포함하는, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0107] 실시 형태 18은, 제2 층이 복수의 나노입자들을 포함하는, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0108] 실시 형태 19는, 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도가, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기를 갖는 임의의 제1 파수 벡터에 대해, 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이가 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환형 평균의 0.7 내지 1.3배인, 파워 스펙트럼 밀도이고,
- [0109] 국소 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배이고, 원호각이 60도이고 제1 파수 벡터에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환형 섹터에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고,
- [0110] 환형 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환형에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0111] 실시 형태 20은, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기를 갖는 임의의 제1 파수 벡터에 대해, 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이가 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환형 평균의 0.7 내지 1.3배이고,
- [0112] 국소 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배이고, 원호각이 30도이고 제1 파수 벡터에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환형 섹터에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고,
- [0113] 환형 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환형에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0114] 실시 형태 21은, 파워 스펙트럼 밀도가 적어도 6-겹 회전 대칭을 갖는, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0115] 실시 형태 22는, 파수-PSD 곱의 환형 평균이 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에서 최대 환형 평균을 갖고,
- [0116] 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 임의의 파수에 대해, 파수-PSD 곱이 최대 환형 평균의 0.1배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0117] 실시 형태 23은, PSD의 환형 평균이 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에서 최대 환형 평균을 갖고,
- [0118] 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 임의의 파수에 대해, PSD가 최대 환형 평균의 0.2배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0119] 실시 형태 24는, 제2 굴절률이 적어도 1.6이고, 나노구조화된 계면은 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산이 Var이고, 반경이 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 구속되고 그 내부에 포함된 영역에 걸친 PSD의 제1 적분이 Var의 4배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0120] 실시 형태 25는, 방출 OLED 층과 나노구조화된 계면 사이에 배치된 내부 층을 추가로 포함하고,
- [0121] 디스플레이가 완전히 온 상태일 때, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 0도의 시야각에서의 제1 광 출력은 내부 층에서 제1 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제2 색상을 갖고, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 45도의 시야각에서의 제2 광 출력은 내부 층에서 제3 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제4 색상을 갖고, 제1 및 제3 색상들은 그들 사이에 제1 색도 차이를 갖고 제2 및 제4 색상들은 그들 사이에 제2 색도 차이를 갖고, 나노구조화된 계면은 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.75배 미만이도록 구성되는, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0122] 실시 형태 26은 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서, OLED 디스플레이는,
- [0123] 방출 OLED 층;

- [0124] 방출 OLED 층에 근접하게 배치된 나노구조화된 계면; 및
- [0125] 방출 OLED 층과 나노구조화된 계면 사이에 배치된 내부 층을 포함하고,
- [0126] 디스플레이가 완전히 온 상태일 때, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 0도의 시야각에서의 제1 광 출력은 내부 층에서 제1 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제2 색상을 갖고, 방출 OLED 층으로부터 디스플레이에 대한 법선에 대해 45도의 시야각에서의 제2 광 출력은 내부 층에서 제3 색상을 그리고 디스플레이의 외부에서 제4 색상을 갖고, 제1 및 제3 색상들은 그들 사이에 제1 색도 차이를 갖고 제2 및 제4 색상들은 그들 사이에 제2 색도 차이를 갖고, 나노구조화된 계면은 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.75배 미만이도록 구성된다.
- [0127] 실시 형태 27은, 나노구조화된 계면이, 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.6배 미만이도록 구성되는, 실시 형태 26의 OLED 디스플레이이다.
- [0128] 실시 형태 28은, 나노구조화된 계면이, 제2 색도 차이가 제1 색도 차이의 0.5배 미만이도록 구성되는, 실시 형태 26의 OLED 디스플레이이다.
- [0129] 실시 형태 29는, 제1 색상과 제2 색상이 동일한, 실시 형태 26의 OLED 디스플레이이다.
- [0130] 실시 형태 30은, 내부 층이 OLED 봉지 층인, 실시 형태 26의 OLED 디스플레이이다.
- [0131] 실시 형태 31은, 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 제2 층이 배치되고, 제1 층은 적어도 1.4인 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 적어도 1.6인 더 큰 제2 굴절률을 갖는, 실시 형태 26의 OLED 디스플레이이다.
- [0132] 실시 형태 32는, 제2 굴절률이 적어도 1.7인, 실시 형태 31의 OLED 디스플레이이다.
- [0133] 실시 형태 33은, 제1 및 제2 층들 각각이 연속 중합체 상을 포함하고, 나노구조화된 계면은 제1 층과 제2 층 사이의 연속 계면인, 실시 형태 31의 OLED 디스플레이이다.
- [0134] 실시 형태 34는, 나노구조화된 계면이, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기를 갖는 임의의 제1 파수 벡터에 대해, 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이가 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환경 평균의 0.7 내지 1.3배이도록 하는 파워 스펙트럼 밀도를 갖고,
- [0135] 국소 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배이고, 원호각이 60도이고 제1 파수 벡터에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환경 섹터에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고,
- [0136] 환경 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균인, 실시 형태 26의 OLED 디스플레이이다.
- [0137] 실시 형태 35는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서, OLED 디스플레이는,
- [0138] 방출 OLED 층; 및
- [0139] 2개의 인접한 층들 사이의 나노구조화된 계면 - 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 그리고 그에 근접하여 배치되고, 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 가짐 - 을 포함하고,
- [0140] 나노구조화된 계면은, 방출 OLED 층으로부터 방출 OLED 층에 법선인 관찰 방향으로의 광에 대해 실질적으로 어떠한 회절 투과도 제공하지 않도록 구성되고, 나노구조화된 계면은, 방출 OLED 층으로부터 법선에 대한 10도 초과와 각도에서의 적어도 일부 관찰 방향들로의 광에 대해 회절 투과를 제공하도록 구성된다.
- [0141] 실시 형태 36은, 나노구조화된 계면이 방출 OLED 층으로부터 법선에 대한 20도 초과와 각도에서의 적어도 일부 관찰 방향들로의 광에 대해 회절 투과를 제공하도록 구성되는, 실시 형태 35의 OLED 디스플레이이다.
- [0142] 실시 형태 37은, 나노구조화된 계면이 방출 OLED 층으로부터 법선에 대한 30도 초과와 각도에서의 적어도 일부 관찰 방향들로의 광에 대해 회절 투과를 제공하도록 구성되는, 실시 형태 35의 OLED 디스플레이이다.
- [0143] 실시 형태 38은, 2개의 인접한 층들이 제1 굴절률을 갖는 제1 층, 및 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치된 제2 층을 포함하고, 제2 층이 적어도 1.5인 제2 굴절률을 갖는, 실시 형태 35의 OLED 디스플레이이다.
- [0144] 실시 형태 39는, 제2 굴절률이 적어도 1.6인, 실시 형태 38의 OLED 디스플레이이다.

- [0145] 실시 형태 40은, 제2 굴절률이 적어도 1.7인, 실시 형태 38의 OLED 디스플레이이다.
- [0146] 실시 형태 41은, 방출 OLED 층과 나노구조화된 계면 사이에 OLED 봉지 층이 배치되는, 실시 형태 35의 OLED 디스플레이이다.
- [0147] 실시 형태 42는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이로서, OLED 디스플레이는,
- [0148] 방출 OLED 층; 및
- [0149] 제1 층과 제2 층 사이의 나노구조화된 계면 - 제2 층은 제1 층과 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 제2 굴절률은 적어도 1.6이고, 나노구조화된 계면은 방출 OLED 층의 소멸 구역의 외측에 그리고 그에 근접하게 배치되고, 나노구조화된 계면은 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산(Var), 및 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도(PSD)를 가짐 - 을 포함하고,
- [0150] 반경이 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 구속되는 영역에 걸친 PSD의 제1 적분이 Var의 4배 이하이다.
- [0151] 실시 형태 43은, 제1 적분이 Var의 2배 이하인, 실시 형태 42의 OLED 디스플레이이다.
- [0152] 실시 형태 44는, 제1 적분이 Var 이하인, 실시 형태 42의 OLED 디스플레이이다.
- [0153] 실시 형태 45는, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 PSD의 제2 적분이 $(2\pi)^2$ Var의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 외부 파수가 16 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱인, 실시 형태 42의 OLED 디스플레이이다.
- [0154] 실시 형태 46은, 제2 적분이 $(2\pi)^2$ Var의 0.9 내지 1.0배인, 실시 형태 45의 OLED 디스플레이이다.
- [0155] 실시 형태 47은, 제2 적분이 약 $(2\pi)^2$ Var인, 실시 형태 45의 OLED 디스플레이이다.
- [0156] 실시 형태 48은, 파수-PSD 곱이 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 제2 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 제1 파수와 최대치의 곱의 0.3배 이하인, 실시 형태 45의 OLED 디스플레이이다.
- [0157] 실시 형태 49는, 파수-PSD 곱이 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.1배 이하인, 실시 형태 45의 OLED 디스플레이이다.
- [0158] 실시 형태 50은, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수들에 대해 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 45의 OLED 디스플레이이다.
- [0159] 실시 형태 51은, 파워 스펙트럼 밀도가 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 파워 스펙트럼 밀도가 8 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수들에 대해 최대치의 0.1배 이하인, 실시 형태 45의 OLED 디스플레이이다.
- [0160] 실시 형태 52는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키는 방법으로서, 방법은,
- [0161] 봉지된 방출 OLED 층을 제공하는 단계; 및
- [0162] 봉지된 방출 OLED 층 상에 광학 적층물을 배치하는 단계 - 광학 적층물은 연속적인 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 제2 층은 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 배치되고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 광학 적층물은 OLED 디스플레이로부터의 광 출력의 시야각에 따른 색상 변동을 감소시키도록 구성됨 - 를 포함하고,
- [0163] 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는다.
- [0164] 실시 형태 53은, 방출 OLED 층이 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 배치하는 단계가 광학 적층물을 제공하는 단계를 포함하고, 제공하는 단계가,
- [0165] 방출 OLED 층의 0의 시야각에서 특성 파장을 결정하는 단계;

- [0166] 색상 보정 없이 방출 OLED 층의 광 출력을 보존하는 것이 요구되는 방출 OLED 층의 최고 시야각을 결정하는 단계;
- [0167] 중심 파장을 제2 굴절률과 최고 시야각의 사인값의 합으로 나눈 값으로서 길이 스케일을 결정하는 단계; 및
- [0168] 반경이 6 라디안을 길이 스케일로 나눈 값이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 경계지어지고 그 내부에 포함된 영역에 걸친 나노구조화된 계면의 파워 스펙트럼 밀도의 적분, 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산의 4배 이하이도록 나노구조화된 계면을 형성하는 단계를 포함하는, 실시 형태 52의 방법이다.
- [0169] 실시 형태 54는, 반경이 8 라디안을 길이 스케일로 나눈 값이고 0의 파수에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 원에 의해 경계지어지고 그 내부에 포함된 영역에 걸친 나노구조화된 계면의 파워 스펙트럼 밀도의 적분, 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산의 4배 이하인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0170] 실시 형태 55는, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안을 길이 스케일로 나눈 값보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안을 길이 스케일로 나눈 값보다 작은 파수들에 대해 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0171] 실시 형태 56은, 파수-PSD 곱이 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고,
- [0172] 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0173] 실시 형태 57은, 파수-PSD 곱이 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고,
- [0174] 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.1배 이하인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0175] 실시 형태 58은, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분, 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 외부 파수가 16 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0176] 실시 형태 59는, 형성하는 단계가,
- [0177] 틀을 제조하는 단계, 및 틀을 사용하여 제1 층 상에 나노구조화된 표면을 형성하는 단계; 및
- [0178] 나노구조화된 표면을 백필하여 제2 층 및 나노구조화된 계면을 형성하는 단계를 포함하는, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0179] 실시 형태 60은, 제조하는 단계가,
- [0180] 중합체 전구체 매트릭스 중에 분산된 나노입자들을 포함하는 층을 제공하는 단계;
- [0181] 층을 건조 또는 경화시키는 단계; 및
- [0182] 건조 또는 경화된 층을 에칭하는 단계를 포함하는, 실시 형태 59의 방법이다.
- [0183] 실시 형태 61은, 건조 또는 경화시키는 단계가, 층을 건조시키는 단계 및 그를 경화시키는 단계 둘 모두를 포함하는, 실시 형태 60의 방법이다.
- [0184] 실시 형태 62는, 제2 굴절률이 1.7 초과인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0185] 실시 형태 63은, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장, 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 갖고, 특성 파장이 중간 중심 파장인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0186] 실시 형태 64는, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장, 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 갖고, 특성 파장이 최단 중심 파장인, 실시 형태 53의 방법이다.
- [0187] 실시 형태 65는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위한 광학 적층물의 용도로서, 광학 적층물은 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 광학 적층물은 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치되는데, 이때 제

2 층이 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 있고, 나노구조화된 계면은, 10 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱 내지 13 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.8의 합의 곱인 제1 크기를 갖는 임의의 제1 파수 벡터에 대해, 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 국소 평균 사이의 최대 차이가 제1 파수 벡터에서의 파워 스펙트럼 밀도의 환경 평균의 0.7 내지 1.3배이도록 하는 파워 스펙트럼 밀도를 갖고,

- [0188] 국소 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배이고, 원호각이 60도이고 제1 파수 벡터에 중심을 둔 푸리에 공간에서의 환경 섹터에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이고, 환경 평균은, 내부 반경이 제1 크기의 0.9배이고, 외부 반경이 제1 크기의 1.1배인 푸리에 공간에서의 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 평균이다.
- [0189] 실시 형태 66은, 제2 굴절률이 제1 굴절률보다 더 큰, 실시 형태 65에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0190] 실시 형태 67은, 제2 굴절률이 1.6 초과인, 실시 형태 66에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0191] 실시 형태 68은, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고, 파워 스펙트럼 밀도가 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 파수들에 대해 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 67에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0192] 실시 형태 69는, 파수-PSD 곱이 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 큰 파수에 대해 최대치를 갖고,
- [0193] 6 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱은 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 67에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0194] 실시 형태 70은, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이, 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 9 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률의 곱이고 외부 파수가 16 라디안/마이크로미터와 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱인, 실시 형태 67에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0195] 실시 형태 71은, 방출 OLED 층이 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장 (λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda_a$ 의 범위이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.8)/\lambda_a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 의 범위이고, n_2 는 제2 굴절률인, 실시 형태 65에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0196] 실시 형태 72는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이에서 시야각에 따른 색상의 변동을 감소시키기 위한 광학 적층물의 용도로서, 광학 적층물은 제1 층과 제2 층 사이에 나노구조화된 계면을 포함하고, 제1 층은 제1 굴절률을 갖고, 제2 층은 상이한 제2 굴절률을 갖고, 광학 적층물은 봉지된 방출 OLED 층 상에 배치되는데, 이때 제2 층이 제1 층과 봉지된 방출 OLED 층 사이에 있고, 나노구조화된 계면은 실질적으로 방위각에 대해 대칭인 파워 스펙트럼 밀도를 갖는다.
- [0197] 실시 형태 73은, 방출 OLED 층이 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장 (λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 $1.8\pi n_2/\lambda_a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda_a$ 의 범위이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 의 범위이고, n_2 는 제2 굴절률인, 실시 형태 72에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0198] 실시 형태 74는, 내부 파수가 $2\pi n_2/\lambda_a$ 이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 인, 실시 형태 73에서와 같은 광학 적층물의 용도이다.
- [0199] 실시 형태 75는, 방출 OLED 층이 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장 (λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 제2 굴절률이 n_2 이고, $1.6\pi n_2/\lambda_a$ 보다 작은 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 1의 OLED 디스플레이이다.
- [0200] 실시 형태 76은, $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda_a$ 보다 큰 모든 파수들에 대해, 파수-PSD 곱이 최대치의 0.3배 이하인, 실시 형태 75의 OLED 디스플레이이다.
- [0201] 실시 형태 77은, 방출 OLED 층이 복수의 착색된 서브픽셀들을 포함하고, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장 (λ_a), 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 포함하고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 PSD의 제2 적분

이 $(2\pi)^2 \text{Var}$ 의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 적어도 $1.6\pi n_2/\lambda a$ 이고 외부 파수가 $2.2\pi (n_2+1)/\lambda a$ 이하이고, n_2 는 제2 굴절률인, 실시 형태 42의 OLED 디스플레이이다.

[0202] 실시 형태 78은, 내부 파수가 $1.8\pi n_2/\lambda a$ 내지 $2\pi n_2/\lambda a$ 의 범위이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda a$ 내지 $2.2\pi (n_2+0.9)/\lambda a$ 의 범위인, 실시 형태 77의 OLED 디스플레이이다.

[0203] 실시 형태 79는, 내부 파수가 $2\pi n_2/\lambda a$ 이고 외부 파수가 $2\pi (n_2+0.9)/\lambda a$ 인, 실시 형태 78의 OLED 디스플레이이다.

[0204] 실시 형태 80은, 제2 적분이 $(2\pi)^2 \text{Var}$ 의 0.9 내지 1.0배인, 실시 형태 79의 OLED 디스플레이이다.

[0205] 실시 형태 81은, 착색된 서브픽셀들이 최단 중심 파장, 최장 중심 파장, 및 중간 중심 파장을 갖고, 특성 파장이 최단 중심 파장이고, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이 나노구조화된 계면의 평균 변위로부터의 변위의 분산과 $(2\pi)^2$ 의 곱의 0.8 내지 1.0배이고, 환체는 내부 파수가 적어도 1.6π 와 제2 굴절률의 곱을 최단 중심 파장으로 나눈 값이고, 외부 파수가 2.2π 를 최단 중심 파장으로 나눈 값과 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱 이하인, 실시 형태 52의 방법이다.

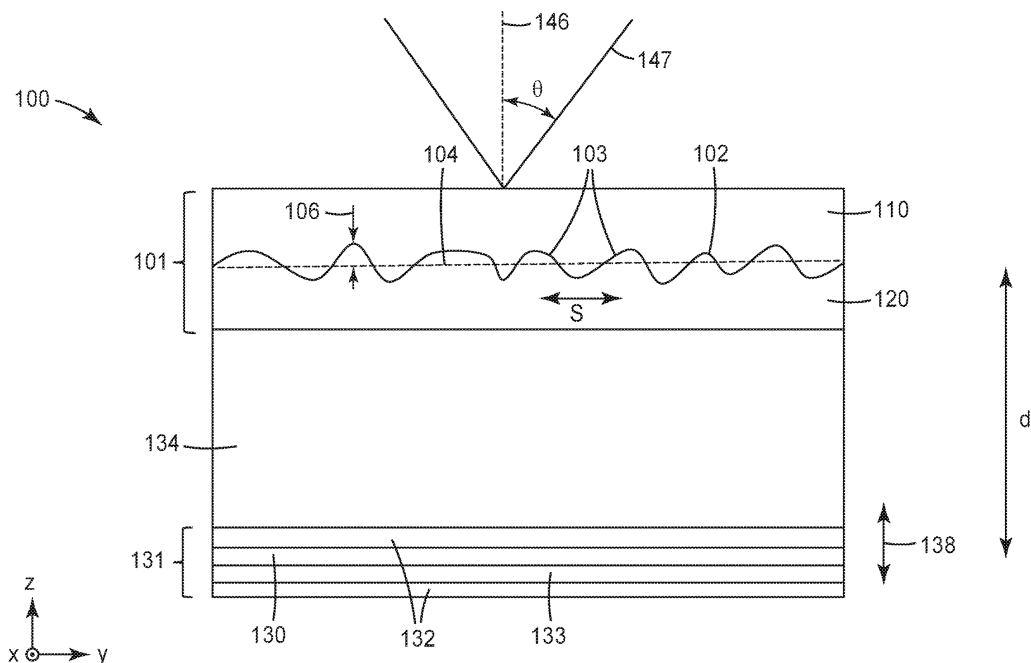
[0206] 실시 형태 82는, 내부 파수가 2π 와 제2 굴절률의 곱을 최단 중심 파장으로 나눈 값이고, 외부 파수가 2π 를 최단 중심 파장으로 나눈 값과 제2 굴절률과 0.9의 합의 곱인, 실시 형태 81의 방법이다.

[0207] 실시 형태 83은, 푸리에 공간에서의 2차원 환체에 걸친 파워 스펙트럼 밀도의 적분이, $(2\pi)^2$ 과 분산의 곱의 0.9 내지 1.0배인, 실시 형태 82의 방법이다.

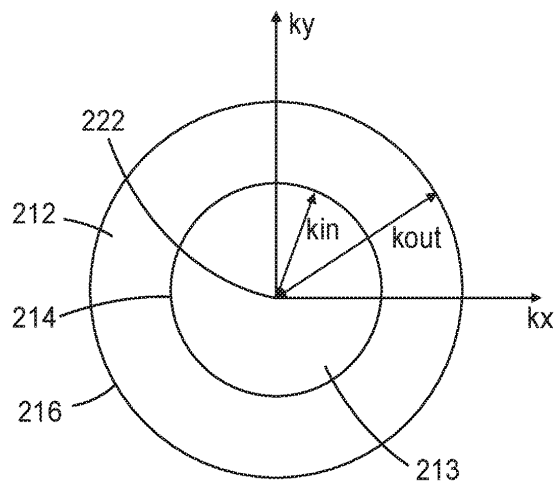
[0208] 도면 내의 요소에 대한 설명은, 달리 지시되지 않는 한, 다른 도면 내의 대응하는 요소에 동등하게 적용되는 것으로 이해되어야 한다. 특정 실시 형태가 본 명세서에 예시 및 기술되어 있지만, 당업자는 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고서 다양한 대안 및/또는 등가의 구현예가 도시 및 기술된 특정 실시 형태를 대신할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 출원은 본 명세서에 논의된 특정 실시 형태의 임의의 개조 또는 변형을 포괄하도록 의도된다. 따라서, 본 발명은 오직 청구범위 및 이의 등가물에 의해서만 제한되는 것으로 의도된다.

도면

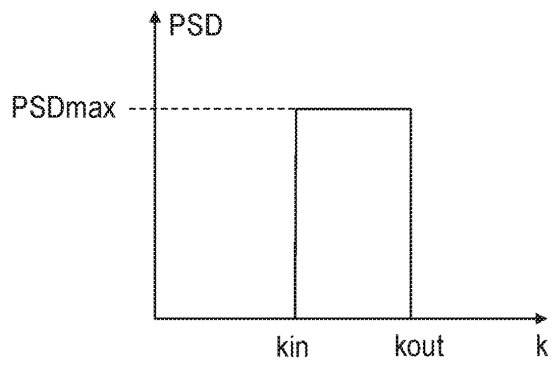
도면1



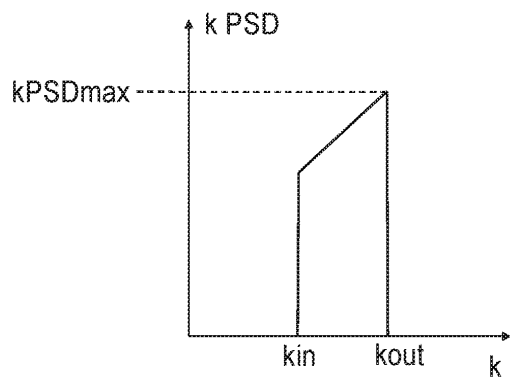
도면2



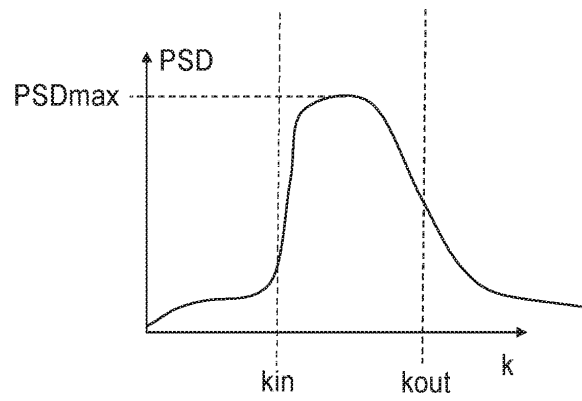
도면3a



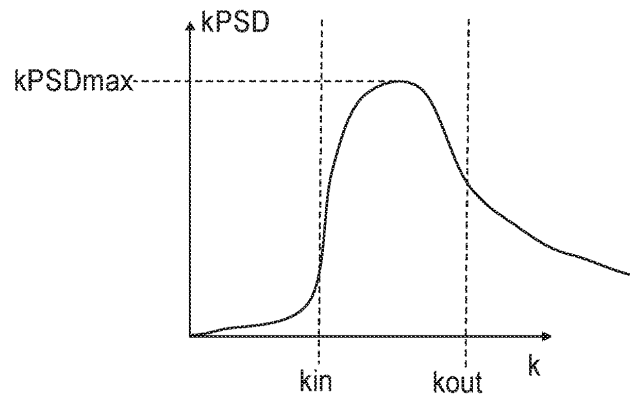
도면3b



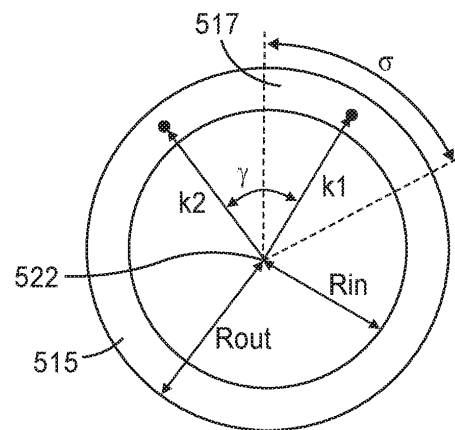
도면4a



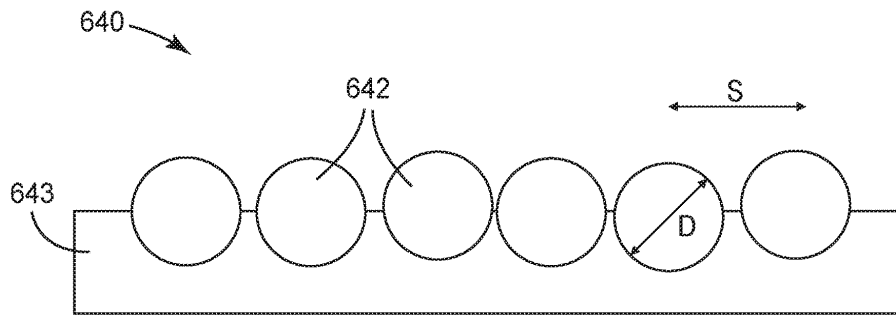
도면4b



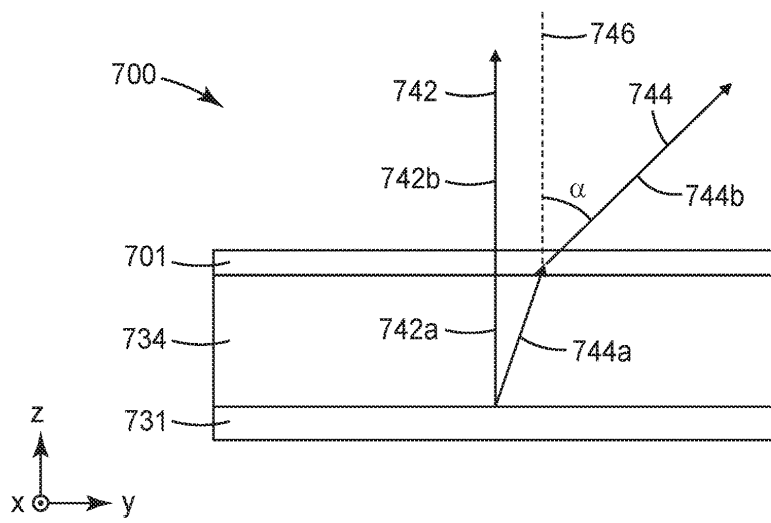
도면5



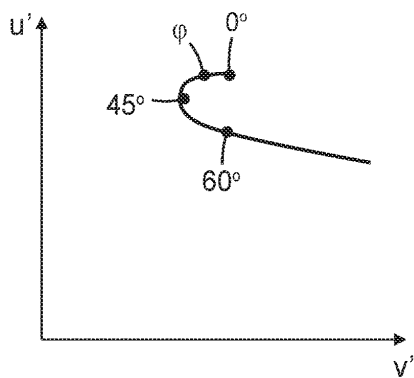
도면6



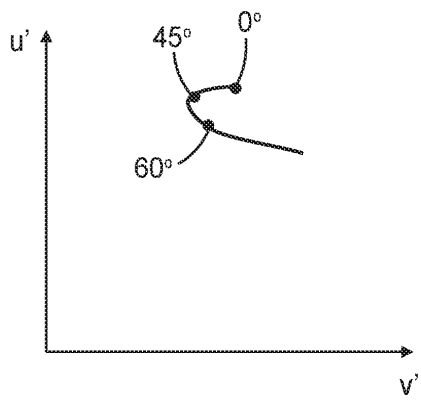
도면7



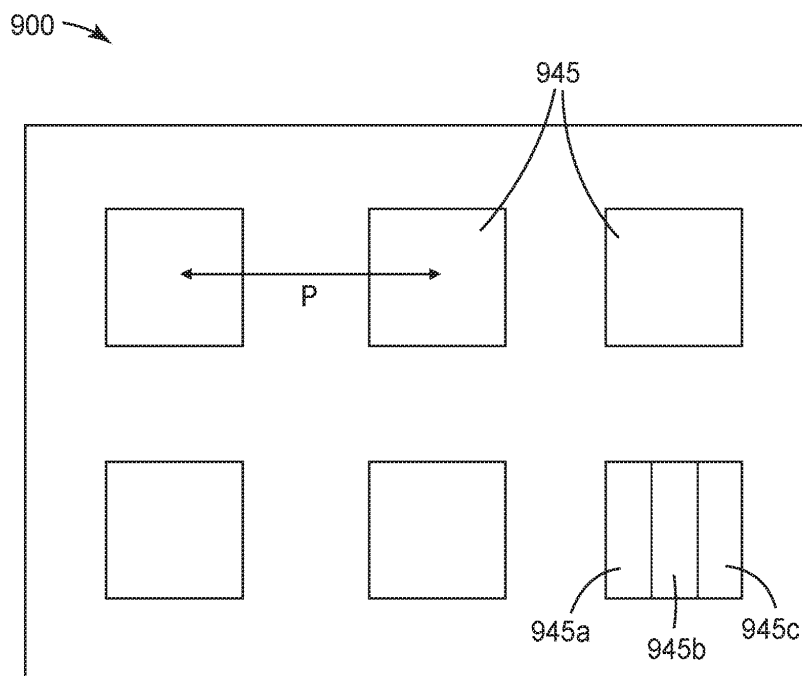
도면8a



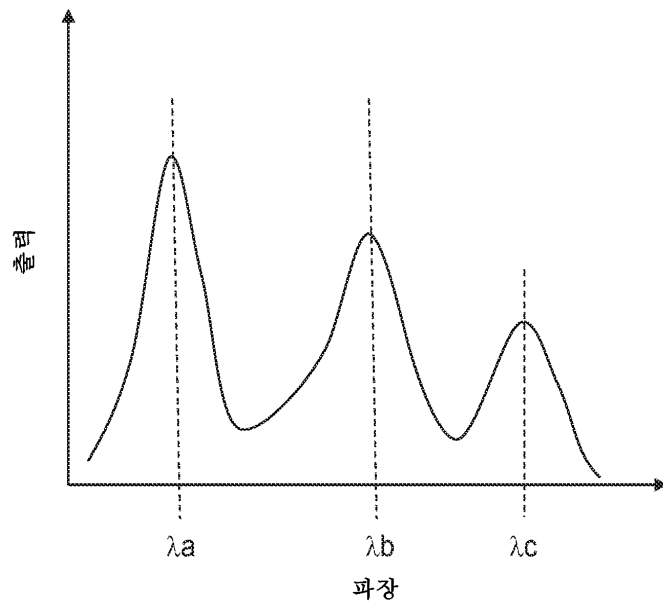
도면8b



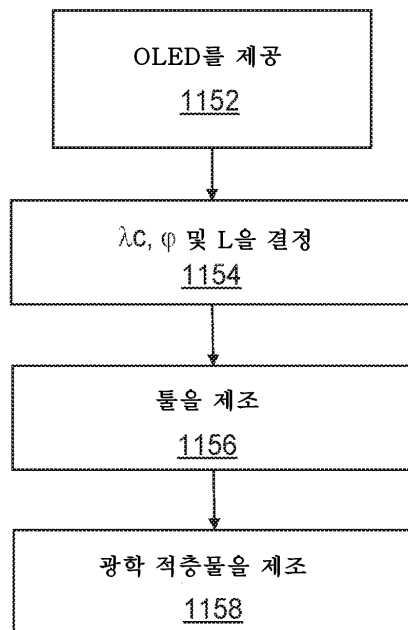
도면9



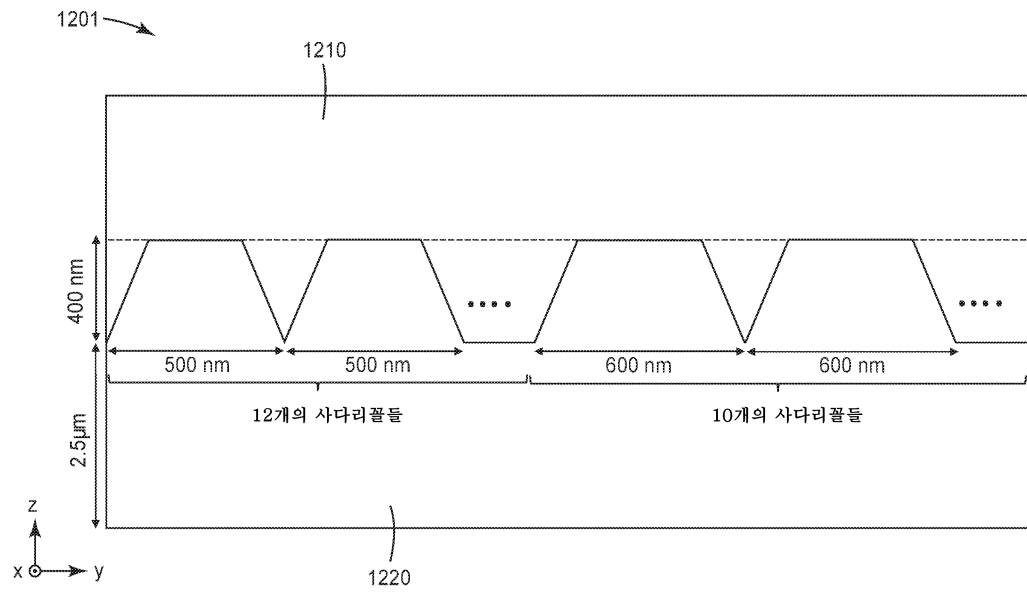
도면10



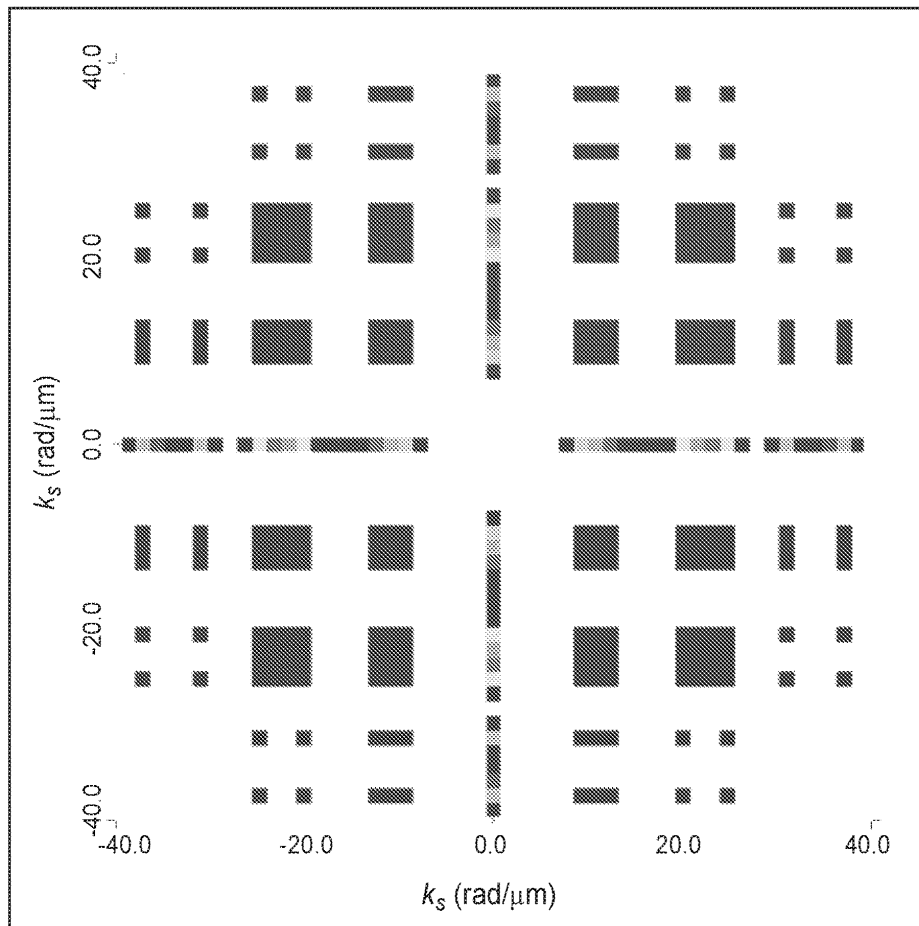
도면11



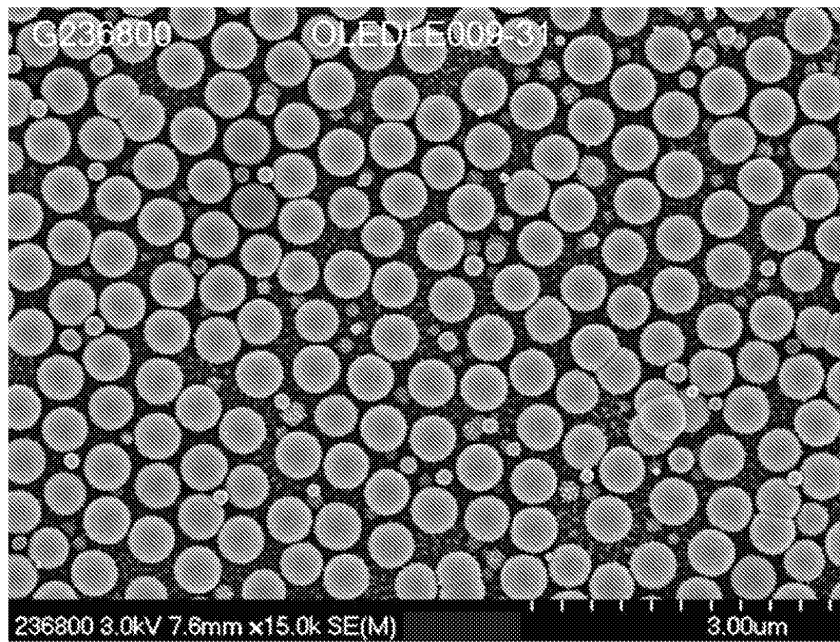
도면12



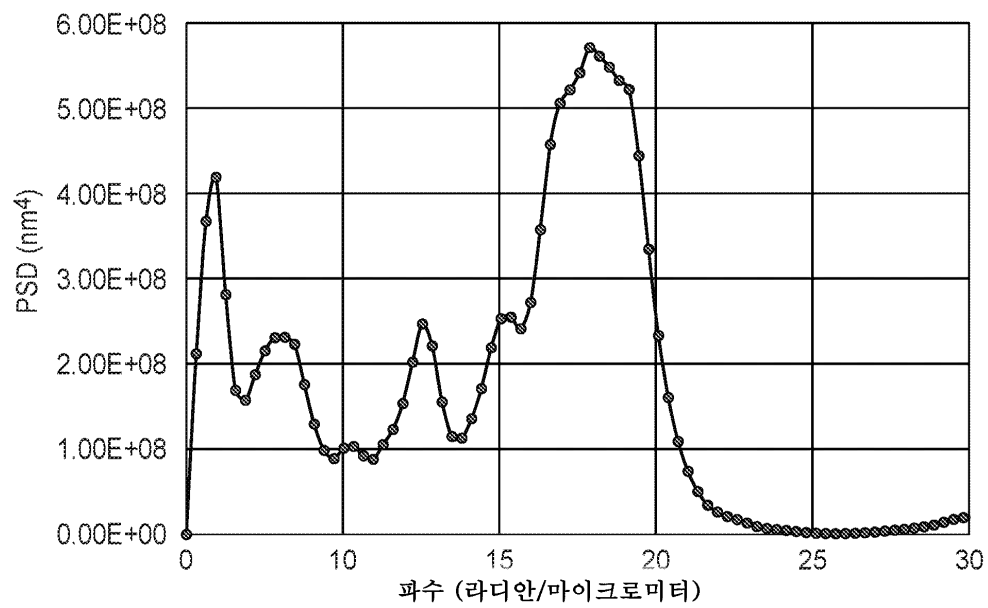
도면13



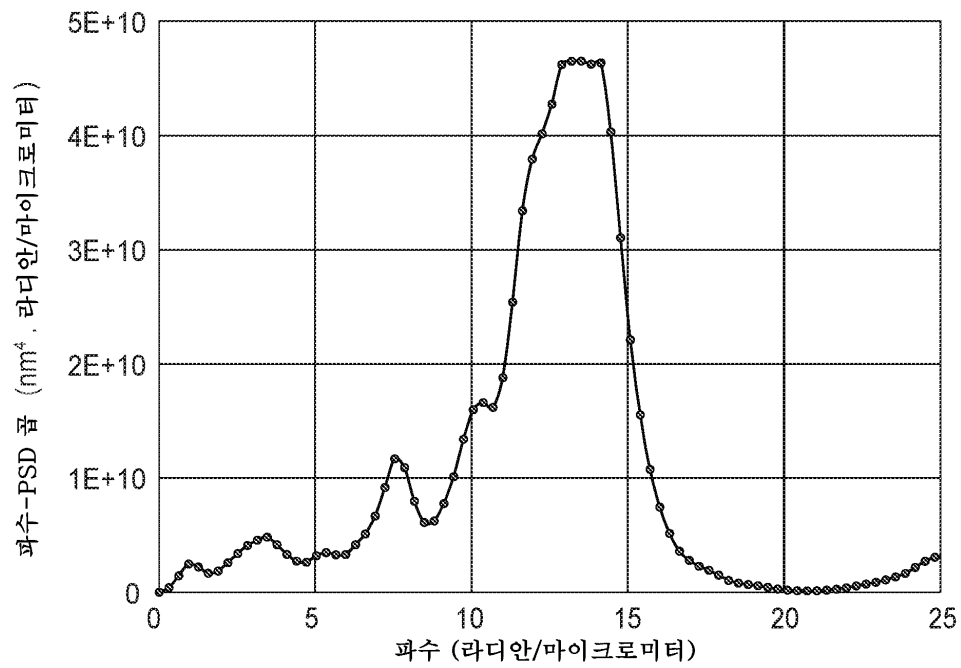
도면14



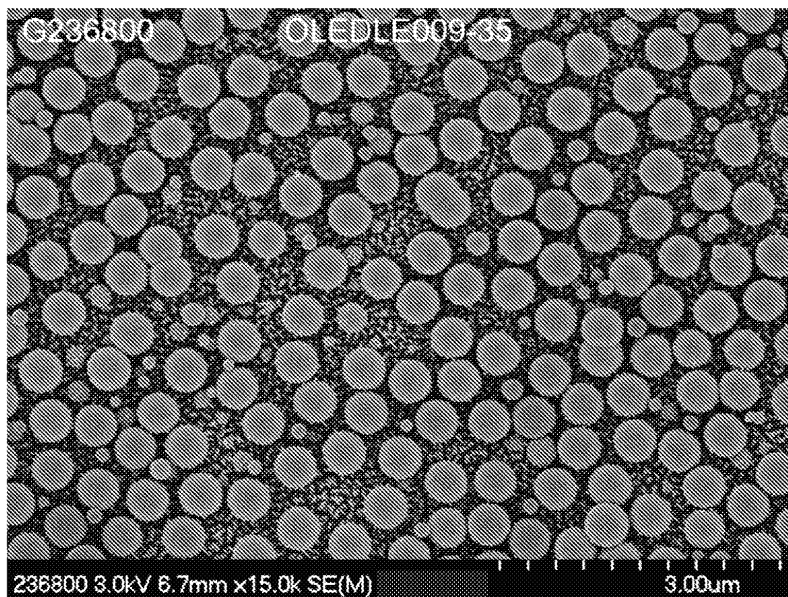
도면15



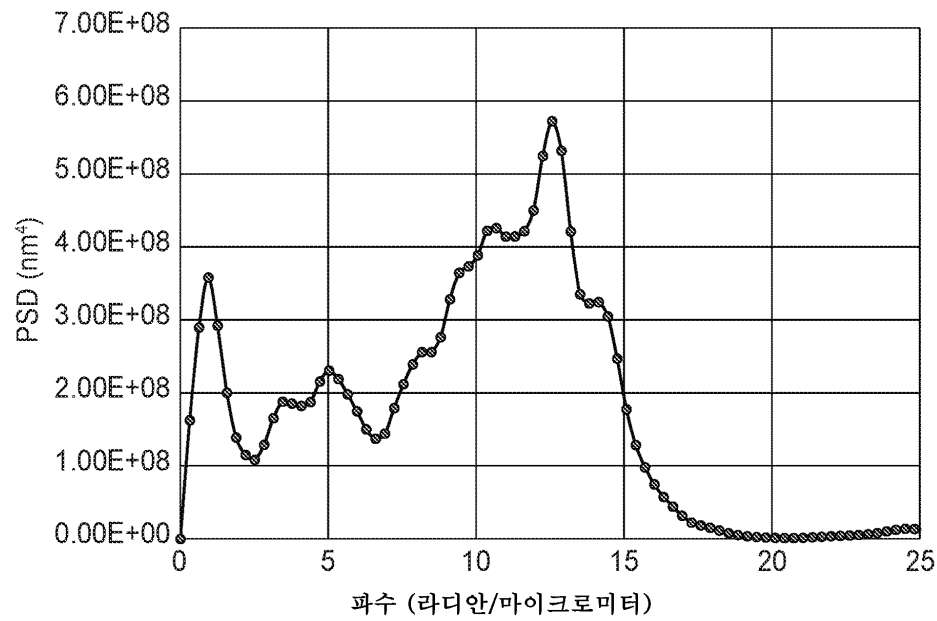
도면16



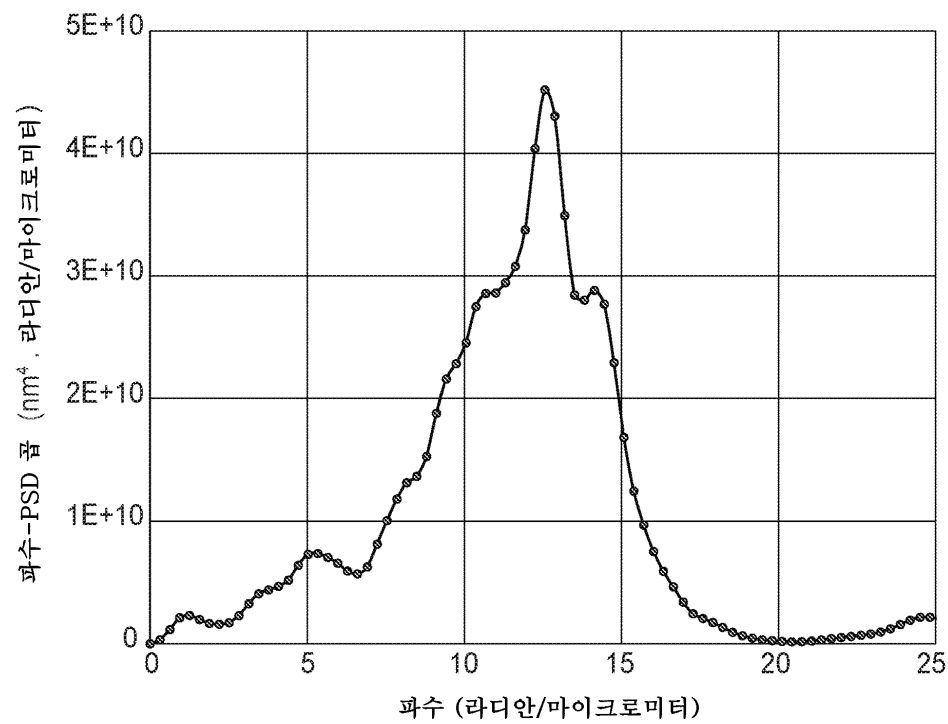
도면17



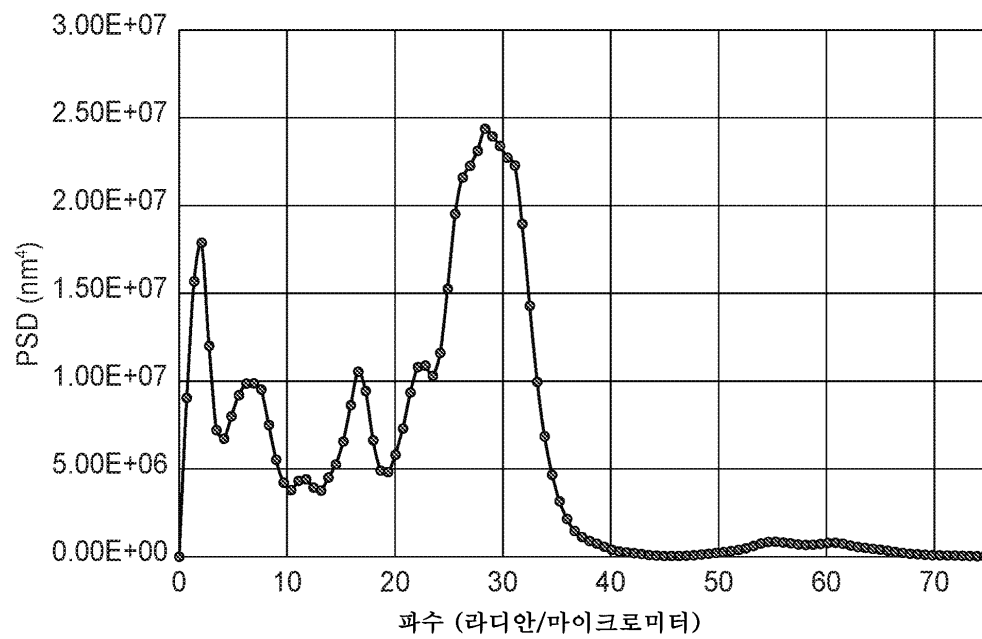
도면18



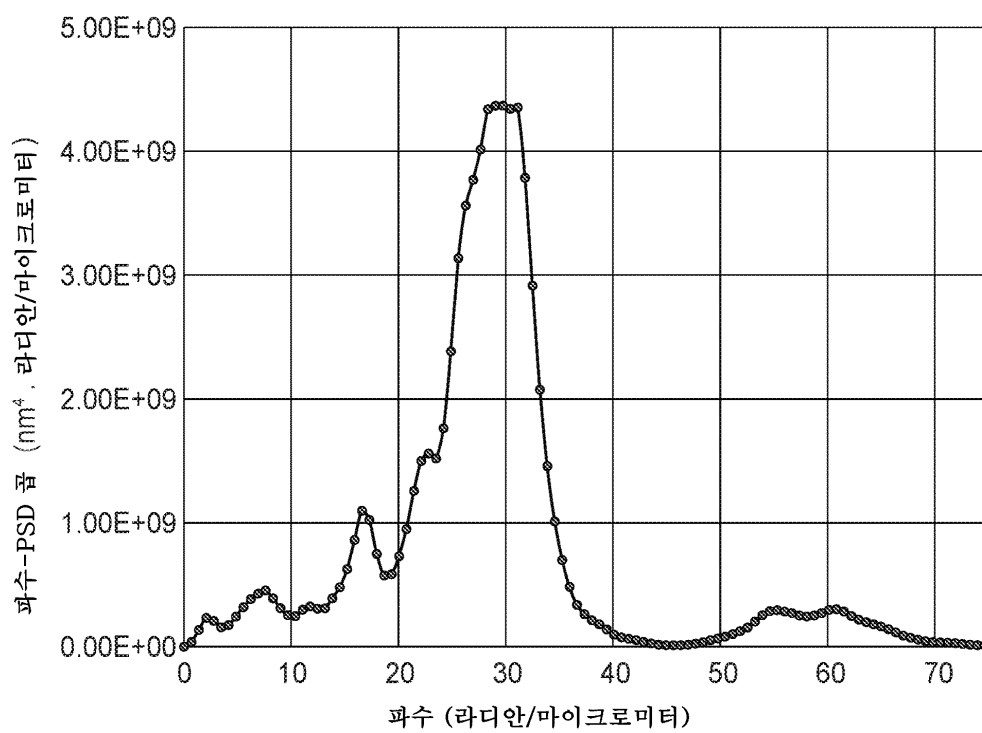
도면19



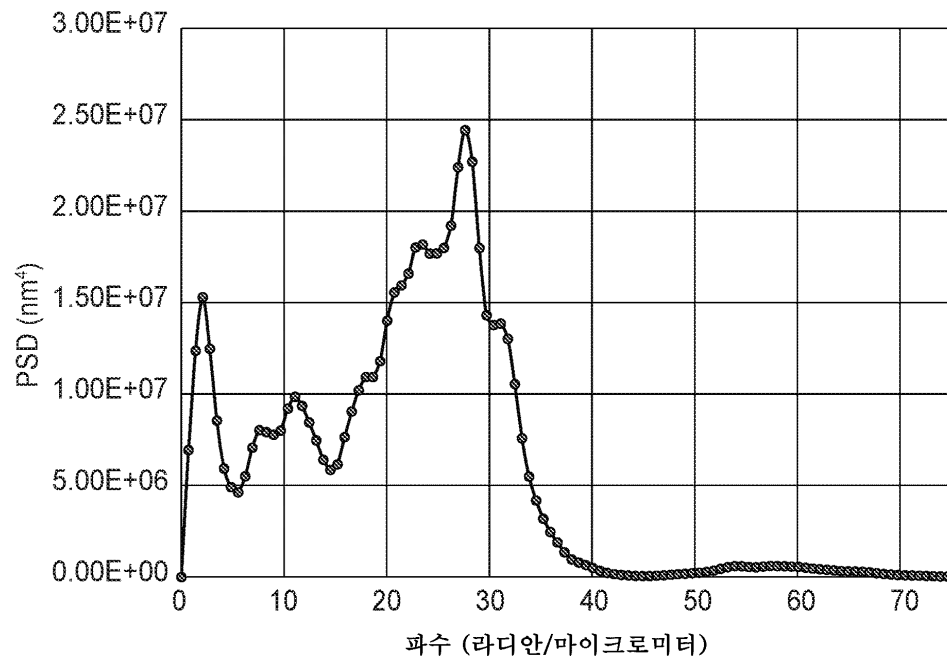
도면20



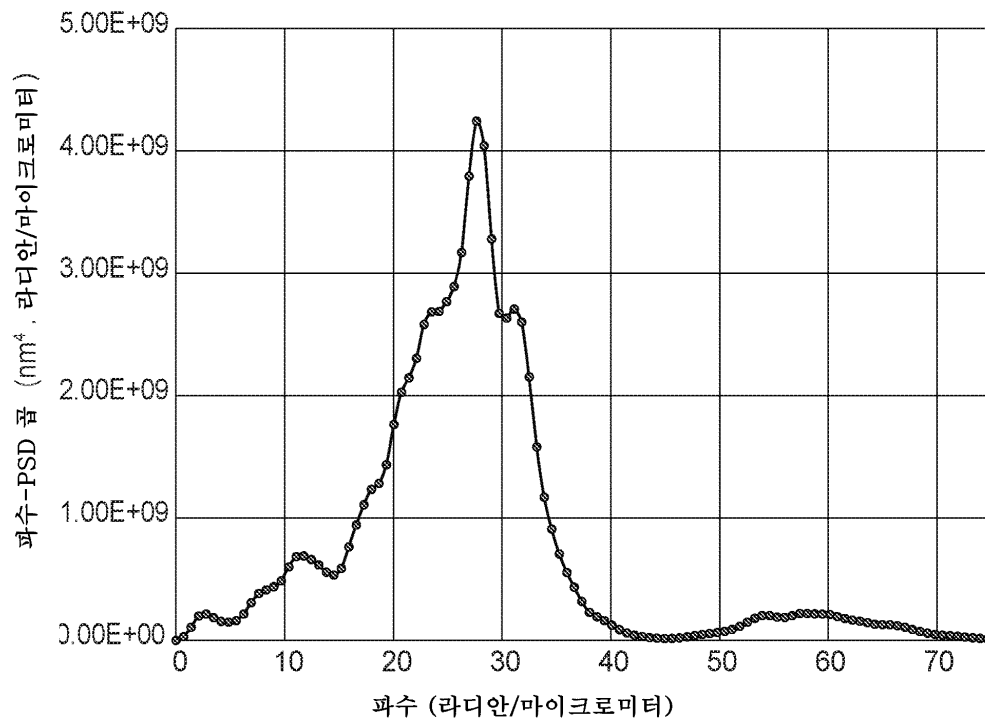
도면21



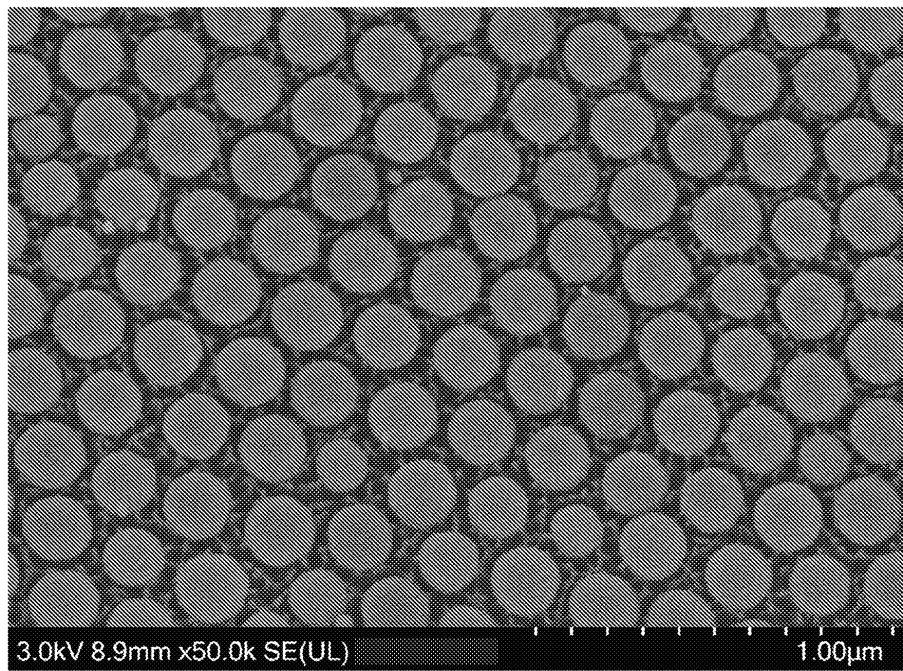
도면22



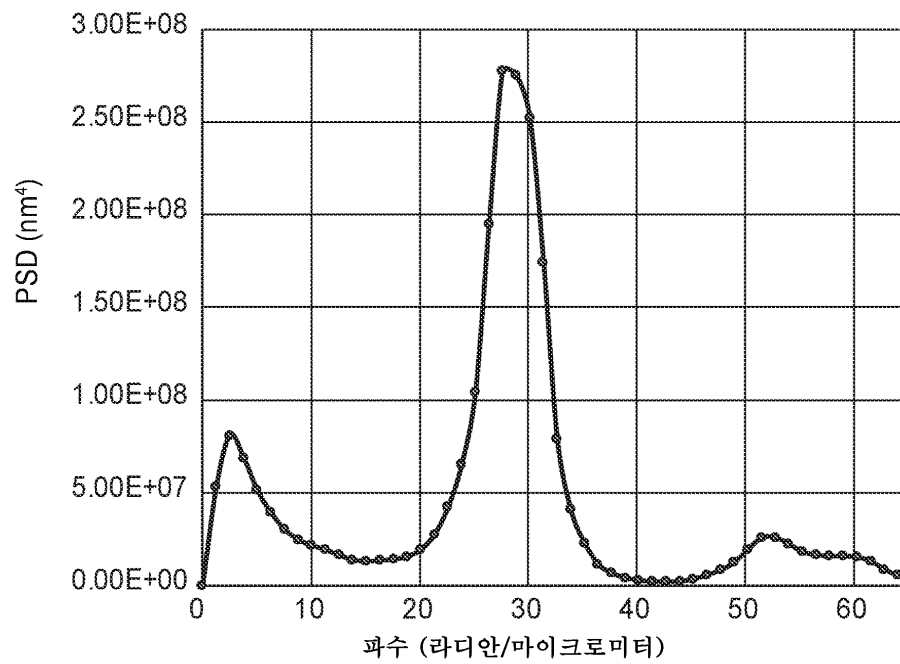
도면23



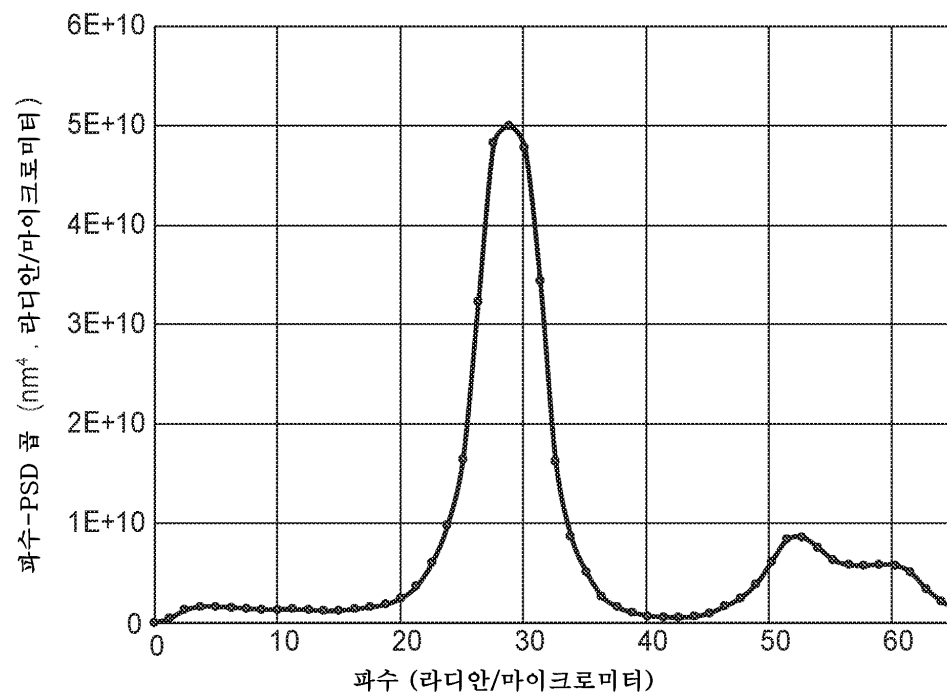
도면24



도면25



도면26



专利名称(译)	OLED显示器具有改善的颜色均匀性		
公开(公告)号	KR1020190003809A	公开(公告)日	2019-01-09
申请号	KR1020187037426	申请日	2017-05-18
[标]申请(专利权)人(译)	明尼苏达州采矿制造公司		
申请(专利权)人(译)	3M创新湾执行的COM PANY		
[标]发明人	플레이어데이비드지		
发明人	플레이어 데이비드 지 브로트 로버트 엘 마이어 저스틴 피		
IPC分类号	H01L51/52 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5275 H01L27/32 H01L51/5237 B82Y20/00 H01L27/3209 H01L27/3211		
代理人(译)	Yangyoungjun Joyunseong 金荣		
优先权	62/342620 2016-05-27 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

描述了被配置为减少具有发光OLED层的有机发光二极管 (OLED) 显示器中的颜色随视角变化的光学堆叠。 具有具有不同折射率的第一和第二层的光学叠堆包括在第一和第二层之间的纳米结构界面。 可以将第二层设置在第一层和发射层之间，其中纳米结构界面靠近发射层的渐逝区域并在其外面。 纳米结构界面具有基本上方位对称的功率谱密度 (PSD)，并且波数-PSD乘积对于大于6弧度/微米乘以第二层的折射率的波数具有最大值。 对于所有小于6弧度/微米乘以第二折射率的波数，波数-PSD乘积不大于最大值的0.3倍。

