



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월12일
(11) 등록번호 10-1968770
(24) 등록일자 2019년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/52 (2006.01) H05B 33/22 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7012506
(22) 출원일자(국제) 2011년10월04일
심사청구일자 2016년09월23일
(85) 번역문제출일자 2013년05월15일
(65) 공개번호 10-2013-0129941
(43) 공개일자 2013년11월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/054704
(87) 국제공개번호 WO 2012/054229
국제공개일자 2012년04월26일
(30) 우선권주장
12/908,804 2010년10월20일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20090015757 A1
WO2010077521 A2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
톰슨 데이비드 에스
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
윌크 마틴 비
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 김영

전체 청구항 수 : 총 2 항

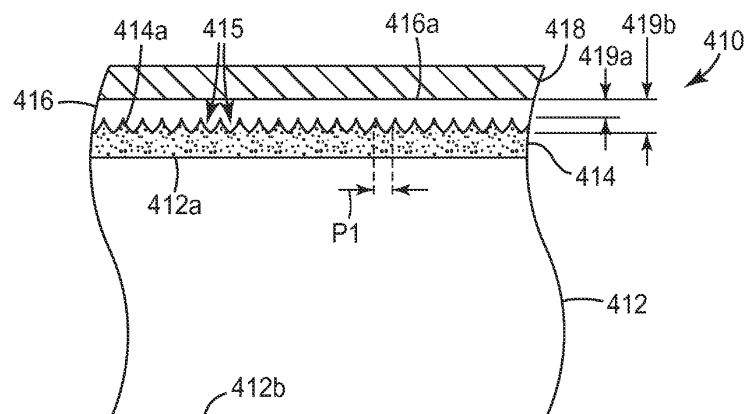
심사관 : 이희봉

(54) 발명의 명칭 블러의 감소에 의해 픽셀화된 OLED 출력을 증가시키는 광 추출 필름

(57) 요약

픽셀 블러를 그다지 유입시키는 일 없이, 자기-발광 픽셀화된 OLED로부터의 광 추출을 향상시키는 광학 필름이 개시되어 있다. 추출 필름은 연성 캐리어 필름과, 캐리어 필름이 지니고 있는 제1 및 제2 층을 포함한다. 제1 층은 나노보이드 형성된 모폴로지를 갖고, 중합체 결합체를 포함하며, 1.35 또는 1.3 미만의 굴절률을 가질 수 있다. 광 추출 요소의 매립된 구조화된 표면은 제1 층과 제2 층 사이에 형성되어 있다. 추출 필름은 광원의 외측 표면에 부착되는 주 결합 표면을 포함하고 있다. 이 필름은 구조화된 표면과 주 결합 표면 사이의 랜드 부분이 지정된 양보다 얇도록(예를 들어, 50, 25, 또는 10 마이크로미터 미만 또는 캐리어 필름의 두께 미만이라도) 구성되어 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

라만스키 세르게이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

양 자오휘

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

장 준-잉

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

하오 엔카이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

콜브 윌리엄 블레이크

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

서먼 오드리 에이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

쉐퍼 케빈 알

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

명세서

청구범위

청구항 1

외측 표면을 갖는 자기-발광 픽셀화된 광원으로부터의 광 추출을 향상시키기 위한 광 추출 필름으로서,

광 추출 필름은 광원의 외측 표면에 부착되도록 구성된 주 결합 표면을 갖고,

광 추출 필름은,

연성 캐리어 필름; 및

캐리어 필름이 지니고 있는 제1 및 제2 층 - 제1 및 제2 층은 그들 사이에 광 추출 요소의 구조화된 표면을 형성하는 매립된 계면을 형성함 -

을 포함하고,

제1 층은 나노보이드 형성되고 중합체 결합체를 포함하며, 제1 층은 또한 제2 층과 캐리어 필름 사이에 배치되고,

제2 층은 제1 층의 굴절률보다 큰 굴절률을 갖고, 제1 층은 1.35 미만의 굴절률을 가지며,

주 결합 표면은 구조화된 표면의 반대쪽에 있는 제2 층의 표면이고, 제2 층은 구조화된 표면과 주 결합 표면 사이에 랜드 부분을 포함하며,

구조화된 표면은 15 마이크로미터 이상의 구조물 높이 및 0.3 초과의 중횡비를 갖고, 랜드 부분은 두께가 50 마이크로미터 미만인, 광 추출 필름.

청구항 2

광원의 픽셀을 실질적으로 블리딩하지 않으면서 자기-발광 픽셀화된 광원의 광 출력을 향상시키는 방법으로서,

외측 표면을 갖는 자기-발광 픽셀화된 광원을 제공하는 단계;

주 결합 표면을 갖는 광 추출 필름을 제공하는 단계 - 광 추출 필름은 연성 캐리어 필름; 및 캐리어 필름이 지니고 있는 제1 및 제2 층을 포함하고, 제1 및 제2 층은 그들 사이에 광 추출 요소의 구조화된 표면을 형성하는 매립된 계면을 형성하고, 제1 층은 나노보이드 형성되고 중합체 결합체를 포함하며, 제1 층은 또한 1.35 미만의 굴절률 그리고 제2 층의 굴절률 미만의 굴절률을 가지며, 주 결합 표면은 구조화된 표면의 반대쪽에 있는 제2 층의 표면이고, 제2 층은 구조화된 표면과 주 결합 표면 사이에 랜드 부분을 포함하며, 구조화된 표면은 15 마이크로미터 이상의 구조물 높이 및 0.3 초과의 중횡비를 갖고, 랜드 부분은 두께가 50 마이크로미터 미만임 -; 및

광 추출 필름의 주 결합 표면을 자기-발광 픽셀화된 광원의 외측 표면에 부착하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 OLED(organic light emitting device, 유기 발광 장치)(때때로 유기 발광 다이오드라고도 함)라고 알려져 있는 자기-발광(self-emissive) 조명 장치의 특징의 응용에서, 고체 상태 자기-발광 조명 장치로부터의 광을 결합시켜 그의 밝기를 증가시키도록 구성되어 있는 구조화된 표면(structured surface)을 가지는 광학 필름에 관한 것이다. 본 발명은 또한 관련 물품, 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 매우 다양한 OLED가 공지되어 있다. "배면 발광(bottom emitting)" OLED라고 하는 어떤 OLED는 OLED가 그 위에 제조되는 투명 기재를 통해 광을 방출한다. "전면 발광(top emitting)" OLED라고 하는 다른 OLED는 반대 방향으로, 즉 OLED가 그 위에 제조되는 기재로부터 멀어지는 쪽으로 광을 방출한다. 어떤 OLED는 개별적으로 어드레싱가능한 OLED 발광기 - 개별적으로 픽셀(화소) 또는 서브픽셀(픽셀로서 함께 그룹화되어 있지만 개별적으로 어드레싱가능한 상이한 컬러의 몇개의 이웃하는 발광기 중 하나)라고 함 - 의 어레이를 형성하도록 패턴화된다. 이러한 픽셀화된 OLED는 이동 전화 및 유사한 최종 용도 등을 위한 디지털 디스플레이 장치에서 사용하기 위해 점점 더 인기를 얻고 있다. 픽셀화된 OLED와 달리, 다른 OLED는 의도된 응용에 따라 작고 좁거나 크고 넓을 수 있는 단지 하나의 발광 영역을 갖도록 설계되어 있다.

[0003] 어떤 OLED 제조업체 및 설계자에게 중요한 한가지 문제점은 OLED가 그의 설계의 특이성으로 인해 나타내는 이상적이 아닌 효율이다. OLED 또는 임의의 다른 자기-발광 광원의 외부 효율이 장치에 의해 방출되는 모든 광 방사(optical radiation)의 전력을 장치에 의해 소비되는 총 전기 전력(electrical power)으로 나눈 것으로서 계산될 수 있다. OLED 외부 효율은, 예를 들어, 고해상도 디스플레이에서 사용되는 픽셀화된 OLED로부터 조명 시스템에서 사용되는 비픽셀화된 OLED까지의 범위에 있는 많은 상이한 OLED 응용에 대한 중요한 설계 파라미터인데, 그 이유는 외부 효율이 전력 소모, 휘도 및 수명 등의 장치 특성에 영향을 미치기 때문이다. 다수의 그룹

은 OLED 외부 효율이 OLED 적층물 자체의 활성 발광층 내에서[고굴절률 유기층 및 인듐 주석 산화물 내에서의 도파관 모드(waveguiding mode)로 인해], 중간 굴절률 기재 내에서의 광 손실(optical loss)에 의해 그리고 최종적으로 음극(양극) 금속의 표면 플라즈몬 폴라리톤(surface plasmon polariton)에서의 여기자 소광(exciton quenching)으로 인해 상당히 제한된다는 것을 보여주었다. 가능한 최대 내부 효율(즉, 100% 내부 효율)을 나타내는 OLED 장치에서, 발생한 광 방사의 약 75 내지 80%가 상기한 손실로 인해 내부적으로 소산되고, 그 결과 외부 효율이 그에 대응하여 감소된다. 컬러 필터 또는 원형 편광기 등의 부가의 광학 요소가 OLED 장치의 요소로서 포함되어 있는 경우, 이러한 구성요소는 부가의 광 손실을 야기하고 심지어 외부 효율을 떨어뜨릴 수 있다.

[0004] OLED 장치로부터의 광 추출을 향상시키기 위해 어떤 광학 필름이 이미 제안되어 있다. 이와 관련하여 미국 특허 출원 공개 제US 2009/0015142호(Potts 등), 제US 2009/0015757호(Potts 등), 및 제US 2010/0110551호(Lamansky 등)을 참조하기 바란다.

발명의 내용

[0005] 우리는 방출된 광을 증가시키고 손실을 감소시키기 위해 OLED 및 기타 자기-발광 광원과 결합되어 이러한 장치로부터 광을 추출하는 데 사용될 수 있는 새로운 계열의 광학 필름을 개발하였다. 개시된 광 추출 필름은 픽셀화된 OLED와 관련하여 특히 효과적이다.

[0006] 개시된 광학 필름은, 픽셀 블러를 그다지 유입시키는 일 없이, 자기-발광 픽셀화된 OLED로부터의 광 추출을 향상시키는 데 유용하다. 추출 필름은 전형적으로 연성 캐리어 필름(flexible carrier film)과, 캐리어 필름이 지니고 있는 제1 및 제2 층을 포함한다. 제1 층은 나노보이드 형성된 모폴로지(nanovoided morphology)를 가질 수 있고, 중합체 결합체를 포함할 수 있으며, 또한 1.35 또는 1.3 미만의 굴절률을 가질 수 있다. 광 추출 요소의 매립된 구조화된 표면은 제1 층과 제2 층 사이에 형성되어 있다. 추출 필름은 광원의 외측 표면에 부착되는 주 결합 표면(major coupling surface)을 포함하고 있다. 이 필름은 바람직하게는 구조화된 표면과 주 결합 표면 사이의 랜드 부분(land portion)이 지정된 양보다 얇도록(예를 들어, 50, 25, 또는 10 마이크로미터 미만 또는 캐리어 필름의 두께 미만이라도) 구성되어 있다.

[0007] 본 출원은 또한 그 중에서도, 외측 표면을 가지는 자기-발광 픽셀화된 광원으로부터의 광 추출을 향상시키는 광 추출 필름 - 추출 필름은 광원의 외측 표면에 부착되도록 구성되어 있는 주 결합 표면을 가짐 - 을 개시하고 있다. 이러한 추출 필름은 연성 캐리어 필름과, 캐리어 필름이 지니고 있는 제1 및 제2 층을 포함한다. 제1 층과 제2 층은 그들 사이에 광 추출 요소의 구조화된 표면을 형성하는 매립된 계면을 정의할 수 있고, 제1 층은 나노보이드 형성된 모폴로지를 가질 수 있으며 중합체 결합체를 포함할 수 있다. 제1 층은 또한 제2 층과 캐리어 필름 사이에 배치될 수 있다. 제2 층은 제1 층의 굴절률 초과와 굴절률을 가지며, 제1 층은 1.35 미만의 굴절률을 가질 수 있다.

[0008] 어떤 경우에, 주 결합 표면은 구조화된 표면의 반대쪽에 있는 제2 층의 표면일 수 있고, 제2 층은 구조화된 표면과 주 결합 표면 사이에 랜드 부분을 포함할 수 있다. 어떤 경우에, 랜드 부분은 두께가 50, 또는 25, 또는 10 마이크로미터 미만이거나, 0.1 내지 25 마이크로미터의 범위에 있을 수 있다. 어떤 경우에, 랜드 부분은 캐리어 필름보다 더 얇을 수 있다. 어떤 경우에, 제1 층은 굴절률이 1.3 미만일 수 있다. 어떤 경우에, 제2 층은 굴절률이 1.4 초과일 수 있다. 어떤 경우에, 제1 층과 제2 층 사이의 굴절률 차이는 0.3 이상, 또는 0.4 이상, 또는 0.5 이상일 수 있다. 어떤 경우에, 제2 층은 광 투과성 중합체를 포함할 수 있다. 어떤 경우에, 중합체는 광 투과성 점탄성 물질을 포함할 수 있다. 어떤 경우에, 필름은 주 결합 표면을 덮고 있는 이형 라이너 또는 프리마스크(premask)를 추가로 포함할 수 있다. 어떤 경우에, 광 추출 요소는 피치가 1 마이크로미터 초과일 수 있다.

[0009] 어떤 경우에, 추출 필름은 자기-발광 픽셀화된 광원과 결합될 수 있고, 광 추출 필름은 자기-발광 픽셀화된 광원과 결합되어 그로부터의 광 추출을 향상시킨다. 어떤 경우에, 추출 필름은 광원의 외측 표면에 그들 사이에 공기 갭 없이 부착될 수 있다. 어떤 경우에, 구조화된 표면이 두께가 50, 또는 25, 또는 10 마이크로미터 미만이거나 0.1 내지 25 마이크로미터의 범위에 있는 랜드 부분에 의해 주 결합 표면으로부터 분리될 수 있다. 어떤 경우에, 자기-발광 픽셀화된 광원은 픽셀화된 광원을 평탄화하는 광 결합층을 포함할 수 있고, 광원의 외측 표면은 광 결합층의 외측 표면이다. 어떤 경우에, 광 결합층은 굴절률이 1.4, 또는 1.5, 또는 1.6, 또는 1.7 이상일 수 있다. 어떤 경우에, 픽셀화된 광원은 적어도 하나의 횡방향 치수가 25 마이크로미터 미만인 픽셀을 포함할 수 있다. 어떤 경우에, 광 추출 요소는 피치가 1 마이크로미터 초과일 수 있다.

[0010] 또한, 광원의 픽셀을 그다지 블러링하지 않고 자기-발광 픽셀화된 광원의 광 출력을 향상시키는 방법을 개시하

고 있다. 이 방법은 외측 표면을 가지는 자기-발광 픽셀화된 광원을 제공하는 단계, 주 결합 표면을 가지는 광 추출 필름을 제공하는 단계, 및 추출 필름의 주 결합 표면을 자기-발광 픽셀화된 광원의 외측 표면에 부착하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방법의 광 추출 필름은 연성 캐리어 필름, 및 캐리어 필름이 지니고 있는 제1 및 제2 층 - 제1 및 제2 층은 그들 사이에 광 추출 요소의 구조화된 표면을 형성하는 매립된 계면을 정의함 - 을 포함할 수 있다. 제1 층은 나노보이드 형성된 모폴로지를 갖고 중합체 결합체를 포함할 수 있으며, 또한 1.35 미만 그리고 제2 층의 굴절률 미만의 굴절률을 가질 수 있다.

[0011] 어떤 경우에, 자기-발광 픽셀화된 광원은 픽셀화된 광원을 평탄화하는 광 결합층을 포함할 수 있고, 광원의 외측 표면은 광 결합층의 외측 표면일 수 있다. 어떤 경우에, 광 추출 필름의 구조화된 표면과 광원의 외측 표면 사이에 랜드 부분이 정의되도록 부착이 수행된다. 어떤 경우에, 랜드 부분은 두께가 50 마이크로미터 미만이다. 어떤 경우에, 랜드 부분은 두께가 25 마이크로미터 미만일 수 있다. 어떤 경우에, 랜드 부분은 두께가 10 마이크로미터 미만일 수 있다. 어떤 경우에, 랜드 부분은 캐리어 필름보다 더 얇을 수 있다.

[0012] 관련 방법, 시스템 및 물품이 또한 논의된다.

[0013] 본 출원의 이들 태양 및 다른 태양이 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도 상기의 개요는 청구된 기술적 요지를 한정하는 것으로 해석되어서는 아니되며, 그 기술적 요지는 절차를 수행하는 동안 보정될 수도 있는 첨부된 청구의 범위에 의해서만 한정된다.

도면의 간단한 설명

[0014] <도 1>

도 1은 일반화된 OLED 광원의 개략 측면 또는 단면도.

<도 2>

도 2는 예시적인 백필링된 (backfilled) 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품의 형성 방법의 개략도.

<도 3>

도 3은 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 일부의 개략적인 측면도.

<도 3a>

도 3a는 제1 나노보이드 형성된 층과 제2 층 사이의 계면의 일부분의 개략 단면도이며, 제1 층과 제2 층의 상호 침투를 보여줌.

<도 4>

도 4는 전면 발광 OLED에서 사용될 수 있는 광 추출 필름의 개략 측면 또는 단면도.

<도 5>

도 5는 특정의 광 추출 필름이 전면 발광 OLED에 어떻게 적용될 수 있는지를 보여주는 개략 측면 또는 단면도.

<도 6>

도 6은 대표적인 픽셀화된 OLED 장치의 개략 평면도.

<도 7a>

도 7a는 보통의 광 추출 필름이 픽셀화된 전면 발광 OLED에 적용되는 것으로부터 얻어지는 장치의 개략 측면 또는 단면도.

<도 7b>

도 7b는 본 명세서에 개시된 광 추출 필름이 픽셀화된 전면 발광 OLED에 적용되는 것으로부터 얻어지는 장치의 개략 측면 또는 단면도.

<도 8a>

도 8a는 원의 원호가 어떻게 정의될 수 있는지를 나타낸 도면이고, 도 8b는 그 정의된 원호가 추출 요소로서 사용가능한 3차원 탄환 모양의 형상을 정의하는 데 어떻게 사용될 수 있는지를 나타낸 도면이며, 도 8c는 이러한

추출 요소의 어레이를 포함하는 구조화된 표면을 가지는 제조된 물질의 평면도를 보여주는 현미경 사진.

<도 9a>

도 9a는 특정의 전면 발광 OLED의 실제의 측정된 색 변동을 광 추출 필름이 그 동일한 OLED에 적용되어 있는 모델링된 장치의 계산된 색 변동과 비교하는 그래프.

<도 9b 및 도 9c>

도 9b 및 도 9c는 상이한 광 추출 필름이 OLED에 적용되어 있는 모델링된 장치에 대한 도 9a의 그래프와 유사한 그래프.

<도 10>

도 10은 예시적인 OLED 픽셀의 평면 또는 정면도.

<도 11a, 도 11b 및 도 11c>

도 11a, 도 11b 및 도 11c는, 각각, 랜드 두께가 50 마이크로미터, 5 마이크로미터, 및 1 마이크로미터인 추출 필름에 대한 점 확산 함수의 그래프.

<도 12a, 도 12b 및 도 12c>

도 12a, 도 12b 및 도 12c는, 각각, 랜드 두께가 50 마이크로미터, 5 마이크로미터 및 1 마이크로미터인 광 추출 필름의 추출 특징부에 의해 블러링된 후의 OLED 픽셀 외관의 플롯.

도면에 있어서, 동일한 도면 부호는 동일한 요소를 지시한다.

[발명의 상세한 설명]

도 1은 OLED(100)의 일 실시 형태의 일부분을 과도하게 단순화하여 개략적으로 나타낸 것이다. 배면 발광 또는 전면 발광 OLED일 수 있는 OLED(100)는 2개의 광학적으로 두꺼운 층(112, 114) 사이에 끼여 있는 얇은 발광 영역(110)을 포함한다. 층(112, 114)은 수증기 및 산소가 발광 영역(110)에 접근하지 못하게 하는 장벽층으로서 역할할 수 있고, 층(112, 114) 중 하나는 OLED(100)의 다른 구성요소들이 성장, 증착, 또는 라미네이트되는 기재로서 역할할 수 있다. 대안의 실시 형태에서, 두꺼운 층(112, 114) 중 하나가 생략되거나 불활성 가스 또는 진공으로 대체될 수 있다. 발광 영역(110)은 인가된 전류 또는 전계에 응답하여 원하는 파장의 광을 방출하도록 구성되어 있는 하나 이상의 종래의 유기층을 포함할 수 있다. 인가된 전류는 주 표면이 발광 영역의 외측 표면(110a, 110b)과 일치할 수 있는 전극에 의해 공급될 수 있다. 적어도 하나의 전극[예를 들어, 표면(110a)에 배치된 전극]이 투명하다. 전극 및 유기 발광층(들)은 전형적으로 굴절률이 실질적으로 약 1.5 초과인 물질로 이루어져 있다. 예를 들어, 인듐 주석 산화물(ITO)로 이루어진 투명 전극은 굴절률이 약 1.8이고, 전형적인 발광 유기 물질은 굴절률이 1.6 내지 1.8의 범위에 있을 수 있다. 비교적 높은 굴절률을 갖는 것 이외에, 발광 영역은 또한 전형적으로 아주 얇다(예를 들어, 가시광의 파장 이하의 정도임). 예를 들어, ITO 전극층은 두께가 약 150 nm 정도일 수 있고, 발광 유기층은 두께가 약 100 nm 정도일 수 있지만, 다른 두께가 물론 사용될 수 있다.

발광 영역과 달리, 층(112, 114)은 광학적으로 두꺼울 뿐만 아니라(즉, 두께가 실질적으로 가시광의 파장보다 큼), 발광 영역(110)의 굴절률 미만의 굴절률을 가진다. 예를 들어, 층(112, 114)은 굴절률이 1.5 정도인 유리 또는 플라스틱을 포함할 수 있다. 그 결과, 얇은 발광 영역(110)은 도 1에서 도파관 전자기장(waveguiding electromagnetic field)(116)으로서 개괄적으로 나타낸 하나 이상의 도파관 모드에서 유기 물질에 의해 방출되는 광의 일부를 포획할 수 있다. 발광 영역(110) 내의 유기 물질에 에너지를 공급하기 위해 전류가 인가될 때, 광이 모든 방향으로 방출된다. 이 광의 일부[광선(115)으로 나타내어져 있음]는 광이 층(112 또는 114) 내로 굴절하여 발광 영역(110)을 빠져나갈 수 있게 해주는 방향으로 전파한다. 방출된 광의 다른 부분은 고굴절률 영역(110)에 포획되어, 전자기장(116)으로 나타낸 하나 이상의 도파관 모드로서 그 영역을 따라 전파한다. 전자기장(116)은 전형적으로 경계 또는 표면(110a, 110b)으로부터의 거리의 함수로서 지수적으로 감쇠하는 전자기장 강도를 가지며, 감쇠의 상세는 영역(110)과 인접한 광학적으로 두꺼운 층(112 또는 114) 사이의 굴절률 차는 물론 하나 초과의 모드가 지원되는 경우 특성의 도파관 모드 등의 인자들에 의존한다. 영역(110) 밖의 전자기장(116)의 지수적으로 감쇠하는 부분은 소멸파(evanescent wave)라고 한다. 대부분의 실제 경우에, 소멸파는 발광 영역(110)으로부터 아주 짧은 거리 내에, 예를 들어, 영역(110)의 대응하는 외측 표면에 인접해 있고 두께가 가시광의 파장 정도(예를 들어, 1 마이크로미터 이하 정도)일 수 있거나 광학적으로 두꺼운 층이 고굴절률

영역의 굴절률에 더 가까운 굴절률을 가지는 경우 얼마간 더 클 수 있는 층(112 또는 114)의 경계 영역에, 존재하는 것으로 간주될 수 있다.

발광 영역(110)을 빠져나가는 광(115) 중에서, 그 광의 일부는 광이 층(112) 밖으로 굴절되도록 충분히 작은 각도만큼 OLED(110)의 두께측 또는 광축으로부터 벗어난 방향을 따라 진행한다. 이러한 광은 이와 같이 OLED를 빠져나와 주변 공기 매질(도 1의 "공기" 매질이 보통의 대기 공기 또는 진공 또는 적당한 불활성 가스 중 임의의 것을 말할 수 있다는 것에 유의함) 내로 들어가고, 궁극적으로 관찰자(120) 또는 다른 광학 요소에 도달할 수 있다. 광선(115a 및 115b)은 이 빠져나가는 광을 예시한 것이다. 광선(115a)은 외측 표면(112a)과의 공기 계면에 각도 θ_1 으로 충돌하고, 이 각도는 광이 굴절되어 OLED 장치 밖으로 나가 주변의 공기 매질 내로 들어가도록 충분히 작다. 광선(115b)은 공기 계면에 각도 θ_2 로 충돌하고, 이 각도는 θ_1 보다 크며 층(112)에 대한 임계각에 가깝지만 여전히 임계각보다 약간 더 작으며, 따라서 굴절된 광이 빠져나가 스침각에 가까운 각도(near-glancing angle)로 주변 공기 매질 내로 들어간다. 광선(115c)으로의 이 진행을 따라가면, 발광 영역(110)을 빠져나가는 광(115)의 일부가 층(112) 밖으로 굴절되어 나가에는 너무 큰 각도만큼 OLED(100)의 두께측 또는 광축으로부터 벗어난 방향을 따라 진행한다는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 광선(115c)은 공기 계면에 각도 θ_3 로 충돌하고, 이 각도는 층(112)에 대한 임계각보다 크며, 따라서 광선(115c)이 표면(112)에서 내부 전반사되어 OLED(100) 내에 포획되게 한다.

이와 같이, 광이 2가지 방식 중 하나로 OLED 장치(100) 내에 포획될 수 있다는 것을 알 수 있다: 발광 영역(110)과 연관된 도파관 모드로, 그리고 장치의 공기 계면(112a)에서의 내부 전반사(TIR)에 의해. 이들 경우 둘다에서, 포획된 광이 전형적으로는 궁극적으로 흡수되고, 그 결과 OLED(100)에 대해 밝기가 감소되고, 효율이 감소되며, 손실이 증가된다. 발광 영역에서 포획된 광과 연관된 손실을 도파관 손실(waveguide loss)이라고 하고, OLED의 외측 표면에서의 TIR에 의해 포획된 광과 연관된 손실을 기재 손실(substrate loss)이라고 한다. OLED에서의 손실 메커니즘에 대한 추가적인 논의는 Lu 등의 "Optimization of external coupling and light emission in organic light-emitting devices: modeling and experiment(유기 발광 장치에서의 외부 결합 및 발광의 최적화: 모델링 및 실험)", 91 J. Appl. Phys. (Jan. 15, 2002), pp. 595-604에서 찾아볼 수 있다.

나노보이드 형성된 층

본 명세서에 개시된 예시적인 광 추출 필름은 적어도 하나의 나노보이드 형성된 층을 포함한다. 나노보이드 형성된 층은 결합제에 분산되어 있는 복수의 상호연결된 보이드 또는 보이드의 네트워크를 포함할 수 있다. 복수의 보이드 또는 보이드의 네트워크에서의 보이드의 적어도 일부는 중공 터널 또는 중공 터널형 통로를 통해 서로 연결된다. 보이드는 바람직하게는 층의 체적의 충분히 큰 분율을 차지하고 있지만 개별적으로 충분히 작은 크기를 가지며, 따라서 나노보이드 형성된 층은 광학적으로 아주 낮은 굴절률(예를 들어, 1.35 미만 또는 1.3 미만)의 물질처럼 거동한다. 이러한 층은, 이하에서 더 상세히 살펴보는 바와 같이, 광 추출 필름에 사용하기에 특히 유익하다. 일부 경우에, 나노보이드 형성된 층은 예를 들어 1.15 내지 1.35, 또는 1.15 내지 1.3 범위 내의 굴절률을 나타낼 수 있다. 나노보이드 형성된 층은 바람직하게는 미세 구조화된, 즉 1 밀리미터 미만인 적어도 하나의 치수를 가지는 양각(relief) 특징부를 갖는 매끄럽지 않거나 평탄하지 않은 표면을 갖도록 의도적으로 구성되어 있는 적어도 하나의 주 표면을 가지며, 어떤 경우에, 적어도 하나의 치수는 50 나노미터 내지 500 마이크로미터, 또는 50 나노미터 내지 100 마이크로미터, 또는 50 나노미터 내지 1 마이크로미터의 범위에 있을 수 있다.

도 2 및 도 3과 관련하여, 나노보이드 형성된 층을 제조하는 예시적인 방법뿐만 아니라, 그러한 층이 나타낼 수 있는 특징 및 특성을 기술한다. 적합한 나노보이드 형성된 층 및 그의 제조에 관한 추가의 세부사항은 본 출원과 동일자로 출원되고 발명의 명칭이 "미세 구조화된 저굴절률 나노보이드 형성된 층을 갖는 광학 필름 및 이를 위한 방법(Optical Films With Microstructured Low Refractive Index Nanovoided Layers and Methods Therefor)"인 공동 양도된 미국 특허 출원 XXX(대리인 문서 번호 66015US005)(참조 문헌으로서 그 전체 내용이 본 명세서에 포함됨)에서 찾아볼 수 있다.

먼저 도 5를 참조하면, 백필링된 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품(2)을 형성하는 예시적인 공정(220) 및 그러한 물품을 제조하기 위한 대응 시스템을 이 도면에서 볼 수 있다. 공정(220)은 코팅 용액(2)을 기재(516) 상에 배치하는 것을 포함한다. 기재(216)는 바람직하게는 중합체 및/또는 다른 적합한 물질로 제조된 연성 필름이며, 필름은 필름을 도 2에 도시된 것과 같은 물-대-물 처리 시스템에서 독립형 지지 필름 또는 캐리어 필름(carrier film)으로서 사용하기에 적합하게 만드는 두께, 조성, 및 다른 물리적 특성을 갖는다. 전형적으로,

이러한 기재 또는 캐리어 필름은, 종래의 광-투과성 중합체 물질로 제조되는 경우, 의도하지 않은 과도한 신장, 말림, 또는 휨 없이 권취해제되고, 물-대-물 처리 시스템에서 처리되며, 다시 권취되거나 하나 이상의 변환 작업(예를 들어, 개개의 시트 또는 단편으로의 슬리팅(slitting) 또는 단일화(singulating))을 거치기에 충분한 강도를 갖기 위해, 50 마이크로미터(약 0.002 인치) 이상의 물리적 두께를 가진다.

일부 경우에, 코팅 용액(215)은 예를 들어 슬롯 코터 다이(slot coater die)와 같은 다이(214)를 사용해 적용될 수 있다. 코팅 용액(215)은 중합성 물질 및 용매를 포함한다. 그 다음에, 공정(220)은 코팅 용액(215)을 미세 복제 공구(212)와 접촉시키는 동안에, 중합성 물질을 중합시켜, 미세 구조화된 층(230)을 형성시키는 단계를 포함한다. 이어서, 용매가 예를 들어 오븐(235)에 의해 미세 구조화된 층(230)으로부터 제거되어 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품(240)을 형성한다. 그 다음에, 공정(220)은 중합체 물질(245)을 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품(240) 상에 배치하여, 백필링된 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품(250)을 형성시키는 단계를 포함한다. 중합체 물질은(245)은, 예를 들어, 다이(244), 예컨대 슬롯 코터 다이를 이용하거나 다른 적절한 수단에 의해 적용될 수 있다. 중합체 물질(245)은 대안적으로 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품(240) 상에 라미네이트하여, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품(250)을 형성시킬 수 있다.

미세복제 공구(212)는 임의의 유용한 미세복제 공구일 수 있다. 미세 복제 공구(212)는 미세 복제 표면이 물의 외부에 있는 롤로서 예시된다. 또한 미세 복제 장치는 미세 복제 공구가 코팅 용액(215)과 접촉하는 기재(216)의 구조화된 표면인 평탄한 롤을 포함할 수 있는 것으로 여겨진다. 예시된 미세 복제 공구(212)는 닢 롤(221) 및 테이크 어웨이 롤(222)을 포함한다. 코팅 용액(215)은 미세복제 공구(212)와 접촉하여 미세 구조화된 층(230)을 형성하는 동안 UV 광의 बैंक 등의 경화용 광원(225)이 기재(216) 및 코팅 용액(215) 쪽으로 향해 있는 것으로 예시되어 있다. 일부 실시 형태에서, 기재(216)는 코팅 용액(215)을 경화시켜 미세 구조화된 층(230)을 형성하기 위해 경화용 광을 코팅 용액(215) 쪽으로 투과시킬 수 있다. 다른 실시 형태에서, 경화용 광원(225)은 열원이고, 코팅 용액(215)은 열 경화 물질을 포함하고 있다. 경화용 광원(225)은 예시된 바와 같이 또는 미세 복제 공구(212) 내에 배치될 수 있다. 경화용 광원(225)이 미세복제 공구(212) 내에 배치되는 경우, 미세복제 공구(212)는 코팅 용액(215)을 경화시켜 미세 구조화된 층(230)을 형성하기 위해 광을 코팅 용액(215)으로 투과시킬 수 있다.

나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품을 형성하기 위한 공정은 예를 들어 경화후 또는 추가의 중합 단계와 같은 추가의 처리 단계를 포함할 수 있다. 어떤 경우에는, 후경화 단계는 용매 제거 단계 후에 나노보이드 형성된 미세 구조화된 물품에 적용된다. 일부 실시 형태에서, 이들 공정은 예를 들어 아이들러 롤, 인장 롤, 조종 기구(steering mechanism), 코로나 또는 화염 처리기와 같은 표면 처리기, 라미네이션 롤 등을 포함한, 웹-기반 물질의 생산에 통상적인 추가의 처리 장비를 포함할 수 있다. 어떤 경우에는, 이들 공정은 상이한 웹 경로, 코팅 기법, 중합 장치, 중합 장치의 포지셔닝, 건조 오븐, 컨디셔닝 섹션 등을 이용할 수 있고, 기술된 섹션들 중 일부가 선택적일 수 있다. 어떤 경우에는, 공정의 하나의 단계, 일부의 단계 또는 모든 단계는 기재의 적어도 하나의 롤이 실질적으로 연속적인 공정을 통과하며, 다른 롤 상에 이르거나, 시팅(sheeting), 라미네이팅, 슬리팅(slitting) 등에 의해 전환되는 "롤-투-롤" 공정으로서 행해질 수 있다.

이제 도 3을 참조하면, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)의 일부분의 개략 입면도를 이 도면에서 볼 수 있다. 나노보이드 형성된 미세구조화된 층(300)이 2개의 평면 외측 표면(330, 332)을 갖는 것으로 도시되어 있지만, 외측 표면(330, 332) 중 적어도 하나가 본 명세서에서 추가로 논의되는 바와 같이 양각 또는 추출 특징부를 형성하도록 미세 구조화되어 있다는 것을 잘 알 것이다.

예시적인 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)은 다수의 상호 연결된 보이드 또는 결합체(310)에 분산된 보이드(320)의 네트워크를 포함한다. 복수의 보이드 또는 보이드 네트워크에서의 보이드의 적어도 일부는 중공 터널 또는 중공 터널형 통로를 통해 서로 연결된다. 상호 연결된 보이드는 최초 코팅된 필름의 일부를 형성하며, 중합성 물질의 경화 후에 오븐 또는 다른 수단에 의해 필름으로부터 방출된 상호 연결된 용매 매스의 잔부일 수 있다. 보이드(320)의 네트워크는 도 3에 나타난 바와 같이, 상호 연결된 보이드 또는 세공(320A 내지 320C)을 포함하는 것으로 간주될 수 있다. 보이드들은 반드시 모든 물질 및/또는 미립자가 없어야 하는 것은 아니다. 예를 들어, 어떤 경우에는, 보이드는 예를 들어, 결합체 및/또는 나노입자를 포함하는 하나 이상의 작은 섬유상 또는 실 같은 물체를 포함할 수 있다. 일부의 개시된 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 각 상호 연결된 보이드 세트 또는 보이드의 네트워크의 보이드가 상호 연결되어 있는 다수의 상호 연결된 보이드 세트 또는 다수의 보이드의 네트워크를 포함한다. 어떤 경우에는, 다수의 상호연결된 보이드 다수체 또는 세트 이외에도, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 또한 폐쇄되거나 연결되지 않은 다수의 보이드를 포함하는데, 이는 보이드가 터널을 통해 다른 보이드에 연결되어 있지 않음을 의미한다. 보이드(320)의 네트워크가 나노보

이드 형성된 층 (300)의 제 1 주 표면 (330)으로부터 대향하는 제 2 주 표면 (332)으로 뻗어 있는 하나 이상의 통로를 형성하는 경우에, 층 (300)은 다공성 층으로서 묘사될 수 있다.

일부의 보이드는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 표면에 위치하거나 표면을 차단할 수 있으므로, 표면 보이드인 것으로 고려될 수 있다. 예를 들어, 예시적인 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층 (300)에 있어서, 보이드 (320D, 320E)는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 제 2 주 표면 (332)에 위치하므로, 표면 보이드 (320D, 320E)로서 간주될 수 있으며, 보이드 (320F, 320G)는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 제 1 주 표면 (330)에 위치하므로, 표면 보이드 (320F, 320G)로서 간주될 수 있다. 보이드 (320B, 320C)와 같은 일부의 보이드는 광학 필름의 내부에 배치되어 광학 필름의 외부 표면으로부터 떨어져 있으므로, 내부 보이드가 하나 이상의 다른 보이드를 통해 주 표면에 연결될 수 있더라도, 내부 보이드 (320B, 320C)로서 간주될 수 있다.

보이드(320)는 일반적으로 적합한 조성 및 제조, 예를 들어 코팅, 건조, 및 경화 조건을 선택함으로써 제어될 수 있는 크기 d1을 갖는다. 일반적으로, d1은 임의의 원하는 범위의 값들 중 임의의 원하는 값일 수 있다. 예를 들어, 어떤 경우에는, 적어도 대다수의 보이드, 예를 들어, 60%, 70%, 80%, 90% 또는 95% 이상의 보이드가 원하는 범위 내에 있는 크기를 갖는다. 예를 들어, 어떤 경우에는, 적어도 대다수의 보이드, 예를 들어, 60%, 70%, 80%, 90% 또는 95% 이상의 보이드는 크기가 약 10 마이크로미터 이하이거나, 약 7, 5, 4, 3, 2, 1, 0.7, 또는 0.5 마이크로미터 이하이다.

어떤 경우에는, 다수의 상호 연결된 보이드 (320)는 평균 보이드 또는 세공 크기가 약 5 마이크로미터 이하, 약 4 마이크로미터 이하, 약 3 마이크로미터 이하, 약 2 마이크로미터 이하, 약 1 마이크로미터 이하, 약 0.7 마이크로미터 이하, 또는 약 0.5 마이크로미터 이하이다.

일부 경우에, 보이드들 중 일부는 그의 주요 광학 효과가 유효 굴절률을 감소시키는 것이도록 충분히 작을 수 있는 한편, 다른 일부 보이드는 유효 굴절률을 감소시키고 광을 산란시킬 수 있는 한편, 또 다른 일부 보이드는 그의 주요 광학 효과가 광을 산란시키는 것이도록 충분히 클 수 있다. 어떤 경우에, 보이드는 광을 그다지 산란시키는 일 없이 유효 굴절률을 감소시키기 위해 충분히 작다.

나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)은 임의의 유용한 두께 t1(제1 주 표면(330)과 제2 주 표면(332) 사이의 선형 거리)을 가질 수 있다. 다수의 실시 형태에서, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 두께 (t1)가 약 100 nm 이상, 약 500 nm 이상 또는 약 1,000 nm 이상이거나, 0.1 내지 10 마이크로미터의 범위 또는 1 내지 100 마이크로미터의 범위일 수 있다.

어떤 경우에는, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층이 충분히 두꺼워서, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 보이드 및 결합체의 굴절률, 및 보이드 또는 세공 부피율 또는 공극률로 나타낼 수 있는 유효 굴절률을 상당히 나타낼 수 있다. 그러한 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 두께가 예를 들어, 약 500 nm 이상 또는 약 1,000 nm 이상, 또는 1 내지 10 마이크로미터의 범위 또는 500 nm 내지 100 마이크로미터의 범위이다.

개시된 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 보이드가 충분히 작고 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층이 충분히 두꺼우면, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 다음과 같이 나타낼 수 있는 유효 유전율 (ϵ_{eff})을 갖는다:

$$\epsilon_{eff} = (f)\epsilon_v + (1-f)\epsilon_b, \quad (1)$$

여기서, ϵ_v 및 ϵ_b 는 각각, 보이드 및 결합체의 유전율이고, f는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층에 있어서의 보이드의 부피율이다. 그러한 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 유효 굴절률 (n_{eff})은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$n_{eff}^2 = (f)n_v^2 + (1-f)n_b^2, \quad (2)$$

여기서 n_v 및 n_b 는, 각각, 보이드 및 결합체의 굴절률이다. 보이드의 굴절률과 결합체의 굴절률 사이의 차가 충분히 작을 때와 같은 어떤 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 유효 굴절률은 하기의 식으로 근사화될 수 있다:

$$n_{eff} \approx (f)n_v + (1-f)n_b, \quad (3)$$

그러한 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 유효 굴절률은 보이드의 굴절률과 결합체의 굴절률의 부

피 가중 평균이다. 예를 들어, 보이드 부피율이 50%이고, 굴절률이 1.5인 결합제를 갖는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 식 (3)으로 계산된 유효 굴절률이 약 1.25이고, 보다 정확한 식 (2)으로 계산된 유효 굴절률이 약 1.27이다. 일부 예시적인 실시 형태에서, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층은 1.15 내지 1.35, 또는 1.15 내지 1.3 범위 내의 유효 굴절률을 가질 수 있지만, 이들 범위 밖의 값이 또한 고려된다.

도 3의 나노보이드 형성된 층 (300)은 결합제 (310)에 분산된 다수의 상호 연결된 보이드 또는 보이드 (320)의 네트워크 이외에도, 결합제 (310) 내에 실질적으로 균일하게 분산된 임의의 다수의 나노입자 (340)를 포함한다.

나노입자 (340)는 임의의 원하는 범위의 값 중 임의의 원하는 값일 수 있는 크기 (d_2)를 갖는다. 예를 들어, 어떤 경우에, 적어도 입자의 대부분(적어도 입자의 60% 또는 70% 또는 80% 또는 90% 또는 95% 등)은 원하는 범위에 있는 크기를 가진다. 예를 들어, 어떤 경우에는 적어도 대다수의 입자, 예를 들어, 입자의 60%, 70%, 80%, 90% 또는 95% 이상이 크기가 약 1 마이크로미터 이하이거나, 약 700, 500, 200, 100 또는 50 마이크로미터 이하이다. 어떤 경우에는, 다수의 나노입자 (340)는 평균 입자 크기가 약 1 마이크로미터 이하이거나, 약 700, 500, 200, 100 또는 50 나노미터 이하일 수 있다.

일부 경우에, 나노입자들 중 일부는 이들이 주로 유효 굴절률에 영향을 미치도록 충분히 작을 수 있는 한편, 다른 일부 나노입자는 유효 굴절률에 영향을 미치고 광을 산란시킬 수 있으며, 또 다른 일부 입자는 그의 주요 광학 효과가 광을 산란시키는 것이도록 충분히 클 수 있다.

나노입자 (340)는 작용화되거나 작용화되지 않을 수 있다. 어떤 경우에는, 일부, 대부분, 또는 실질적으로 모든 나노입자 (340), 예컨대 나노입자 (340B)는 작용화되지 않는다. 어떤 경우에는, 일부, 대부분, 또는 실질적으로 모든 나노입자 (340)는 전혀 응집되지 않거나 아주 적게 응집되어 원하는 용매 또는 결합제 (310)에 분산될 수 있도록 작용화되거나 표면 처리된다. 일부 실시 형태에서, 나노입자 (340)는 더욱더 작용화되어, 결합제 (310)에 화학적으로 결합될 수 있다. 예를 들어, 나노입자 (340A)와 같은 나노입자는 반응성 작용기 또는 기 (360)를 갖도록 표면 개질되거나 표면 처리되어, 결합제 (310)에 화학적으로 결합될 수 있다. 나노입자는 필요에 따라, 다수의 화학 반응으로 작용화될 수 있다. 그러한 경우에, 적어도 상당한 비율의 나노입자 (340A)가 결합제에 화학적으로 결합된다. 어떤 경우에는, 나노입자 (340)는 결합제 (310)에 화학적으로 결합하는 반응성 작용기를 갖지 않는다. 그러한 경우에, 나노입자 (340)는 결합제 (310)에 물리적으로 결합될 수 있다.

어떤 경우에는, 일부 나노입자는 반응성 기를 가지고, 다른 입자는 반응성 기를 갖지 않는다. 일단의 나노입자들이 사이즈(size)들, 반응성 입자 및 비반응성 입자, 및 다양한 유형의 입자들(예를 들어, 실리카 및 산화 지르코늄)의 혼합물을 포함할 수 있다. 어떤 경우에는, 나노입자는 표면 처리된 실리카 나노입자를 포함할 수 있다.

나노입자는 무기 나노입자, 유기(예를 들어, 중합체) 나노입자, 또는 유기 나노입자와 무기 나노입자의 조합일 수 있다. 게다가, 나노입자는 다공성 입자, 중공 입자, 고체 입자, 또는 이들의 조합일 수 있다. 적합한 무기 나노입자의 예에는 지르코니아, 티타니아, 세리아, 알루미늄, 산화철, 바나디아, 산화안티몬, 산화주석, 알루미늄/실리카 및 그 조합이 포함된다. 나노입자는 평균 입자 직경이 약 1000 nm 미만, 약 100 미만 또는 50 nm 미만일 수 있거나, 평균값은 약 3 내지 50 nm, 약 3 내지 35 nm, 또는 약 5 내지 25 nm의 범위일 수 있다. 나노입자가 응집되는 경우, 응집된 입자의 최대 단면 크기는 이들 범위 중 임의의 범위 내에 있을 수 있고, 또한 약 100 nm 초과일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 입자 크기가 약 50 nm 미만인 폼드 (fumed) 나노입자, 예를 들어 실리카 및 알루미늄, 예를 들어 캡-오-스퍼스 (CAB-O-SPERSE)® PG 002 폼드 실리카, 캡-오-스퍼스® 2017A 폼드 실리카, 및 캡-오-스퍼스® PG 003 폼드 알루미늄 - 미국 매사추세츠주 보스턴 소재의 캐보트 컴퍼니 (Cabot Co.)로부터 입수가 가능함 - 가 또한 포함된다.

일부 실시 형태에서, 나노입자는 소수성 기, 친수성 기 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 표면기를 포함할 수 있다. 대안적으로, 나노입자는 실란, 유기 산, 유기 염기 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 에이전트(agent)로부터 유도되는 표면기를 포함할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 나노입자는 알킬실란, 아릴실란, 알콕시실란 및 그 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 에이전트로부터 유도되는 유기 실릴 표면기를 포함한다.

용어 "표면-개질된 나노입자"는 입자 표면에 부착된 표면기를 포함하는 입자를 말한다. 표면기는 입자의 특성을 개질한다. "입자 직경" 및 "입자 크기"라는 용어는 입자의 최대 단면 치수를 말한다. 입자가 응집체 (aggregate)의 형태로 존재하는 경우, "입자 직경" 및 "입자 크기"라는 용어는 응집체의 최대 단면 치수를 말한다. 어떤 경우에는, 입자는 나노입자, 예를 들어 폼드 실리카 입자의 응집체 - 중형비가 큼 - 일 수 있다.

표면-개질된 나노입자는 나노입자의 용해도 특징을 변경시키는 표면 기를 갖는다. 표면 기는 일반적으로 상기 입자가 코팅 용액과 상용성을 나타내도록 선택된다. 일 실시 형태에서, 표면 기는 코팅 용액의 적어도 하나의 성분과 결합하거나 반응하여 중합 네트워크의 화학 결합 부분이 되도록 선택될 수 있다.

예를 들어 표면 개질제를 나노입자에 부가하는 것(예를 들어, 분말 또는 콜로이드성 분산액의 형태로) 및 표면 개질제가 나노입자와 반응하게 하는 것을 포함한 다양한 방법이 나노입자의 표면을 개질하기 위해 이용가능하다. 다른 유용한 표면 개질 공정이 예를 들어 미국 특허 제2,801,185호(일러(Iler)) 및 제4,522,958호(다스(Das) 등)에 기재되어 있다.

나노입자는 콜로이드성 분산물의 형태로 제공될 수 있다. 유용한 구매가능한 비개질된 실리카 출발 물질의 일례는 미국 일리노이주 네이퍼빌 소재의 Nalco Chemical Co.로부터 NALCO 1040, 1050, 1060, 2326, 2327, 및 2329 콜로이드성 실리카라는 제품명으로 입수가능한 나노-크기의 콜로이드성 실리카; 미국 텍사스주 휴스턴 소재의 Nissan Chemical America Co.로부터 IPA-ST-MS, IPA-ST-L, IPA-ST, IPA-ST-UP, MA-ST-M, 및 MA-ST 줄이라는 제품명의 오가노실리카, 및 역시 미국 텍사스주 휴스턴 소재의 Nissan Chemical America Co.로부터의 SnowTex® ST-40, ST-50, ST-20L, ST-C, ST-N, ST-O, ST-OL, ST-ZL, ST-UP, 및 ST-OUT를 포함한다. 중합성 물질과 나노입자의 중량비는 약 30:70, 40:60, 50:50, 55:45, 60:40, 70:30, 80:20 또는 90:10 또는 기타의 범위에 있을 수 있다. 나노입자의 중량%의 바람직한 범위는 약 10 중량% 내지 약 60 중량%의 범위이고, 사용된 나노입자의 밀도 및 크기에 좌우될 수 있다.

어떤 경우에는, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층 (300)은 낮은 광학 탁도 (optical haze) 값을 나타낼 수 있다. 그러한 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층의 광학 탁도는 약 5% 이하, 또는 약 4, 3.5, 3, 2.5, 2, 1.5 또는 1% 이하일 수 있다. 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층 (300) 상에 법선 방향으로 입사하는 광의 경우, "광학 탁도"는 (달리 명시되지 않는 한) 전체 투과광에 대하여 4도를 초과하여 법선 방향으로부터 벗어나는 투과광의 비율을 말할 수 있다. 개시된 필름 및 층의 굴절률 값은 임의의 적합한 수단에 의해, 예를 들어 미국 뉴저지주 페닝턴 소재의 메트리콘 코퍼레이션(Metritron Corp.)으로부터 입수가능한 메트리콘 모델 (Metritron Model) 2010 프리즘 커플러(Prism Coupler)를 사용해 측정될 수 있다. 개시된 필름 및 층의 광 투과율, 투명도, 및 탁도 값이 또한 임의의 적합한 수단에 의해, 예를 들어 미국 메릴랜드주 실버 스프링스 소재의 비와이케이가디너(BYK Gardner)로부터 입수가능한 헤이즈-가드 플러스(Haze-Gard Plus) 탁도 계측기를 사용해 측정될 수 있다.

어떤 경우에는, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층 (300)은 높은 광학 탁도를 나타낼 수 있다. 그러한 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층 (300)의 탁도는 적어도 약 40%, 또는 적어도 약 50, 60, 70, 80, 90 또는 95%이다.

일반적으로, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층 (300)은 응용에 바람직할 수 있는 임의의 공극률 또는 보이드 부피율을 나타낼 수 있다. 어떤 경우에, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300) 내의 복수의 보이드(320)의 체적 분율은 약 10% 이상, 또는 약 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 또는 90% 이상이다.

결합제(310)는 응용에 바람직할 수 있는 임의의 물질이거나 임의의 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 결합제 (310)는 가교 결합된 중합체와 같은 중합체를 형성하는 광경화성 물질일 수 있다. 일반적으로, 결합제(310)는 임의의 중합성 물질, 예를 들어, 방사선 경화성인 중합성 물질일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 결합제(310)는 임의의 중합성 물질, 예를 들어, 열경화성인 중합성 물질일 수 있다.

중합성 물질(310)은 화학적으로, 열적으로, 또는 화학 방사선에 의해 개시될 수 있는 다양한 종래의 음이온성, 양이온성, 자유 라디칼 또는 다른 중합 기법에 의해 중합될 수 있는 임의의 중합성 물질일 수 있다. 화학 방사선을 사용하는 공정은 수단들 중에서도 특히, 예를 들어, 가시광 및 자외광, 전자 빔 방사, 및 그 조합을 포함한다. 중합이 수행될 수 있는 매질은, 예를 들어, 용매 중합, 유화 중합, 현탁 중합, 벌크 중합 등을 포함한다.

화학 방사선 경화성 물질은 아크릴레이트, 메타크릴레이트, 우레탄, 에폭시 등의 단량체, 반응성 올리고머 및 중합체를 포함한다. 본 발명의 실시예에 적합한 화학 방사선 경화성 기의 대표적인 예는 에폭시 기, (메트)아크릴레이트 기 등의 에틸렌계 불포화 기, 올레핀 탄소탄소 이중 결합, 알릴옥시 기, 알파-메틸 스티렌 기, (메트)아크릴아미드 기, 시아노에스테르 기, 비닐 에테르 기, 이들의 조합 등을 포함한다. 자유 라디칼 중합이 가능한 기가 바람직하다. 일부 실시 형태에서, 예시적인 물질은 아크릴레이트 및 메타크릴레이트 작용성 단량체, 올리고머 및 중합체를 포함하며, 특히 당업계에 공지된 바와 같이, 중합시에 가교결합 네트워크를 형성할 수 있

는 다작용성 단량체가 사용될 수 있다. 중합성 물질은 단량체, 올리고머 및 중합체의 임의의 혼합물을 포함할 수 있지만, 물질이 적어도 하나의 용매에 적어도 부분적으로 용해될 수 있어야만 한다. 일부 실시 형태에서, 물질은 용매 단량체 혼합물에서 용해될 수 있어야만 한다.

용매는 원하는 중합성 물질과 용액을 형성하는 임의의 용매일 수 있다. 용매는 극성 또는 비극성 용매, 고 비점 용매 또는 저 비점 용매일 수 있고, 일부 실시 형태에서 용매는 몇가지 용매의 혼합물을 포함한다. 용매 또는 용매 혼합물은 형성된 미세 구조화된 층(230)이 용매(또는 용매 혼합물 중의 용매들 중 적어도 하나) 중에 적어도 부분적으로 불용성이도록 선택될 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 용매 혼합물은 중합성 물질을 위한 용매 및 비-용매의 혼합물일 수 있다. 특정한 일 실시 형태에서, 불용성 중합체 매트릭스는 삼차원 골격을 제공하는 중합체 쇄 결합을 갖는 삼차원 중합체 매트릭스일 수 있다. 중합체 사슬 연결은 용매의 제거 후 미세 구조화된 층(230)의 변형을 방지할 수 있다.

어떤 경우에, 용매는, 예를 들어, 불용성 중합체 매트릭스 또는 기재(216)의 분해 온도를 초과하지 않는 온도에서 건조시켜 용매를 포함한 (solvent-laden) 미세 구조화된 층 (130, 230)으로부터 용이하게 제거될 수 있다. 하나의 특정 실시 형태에서, 건조 동안의 온도는 기재가 변형되기 쉬운 온도, 예를 들어 기재의 휨 온도 또는 유리-전이 온도 아래로 유지된다. 예시적인 용매는 선형, 분지형, 및 환형 탄화수소, 알코올, 케톤, 및 에테르 - 예를 들어 도와놀(DOWANOL)TM PM 프로필렌 글리콜 메틸 에테르와 같은 프로필렌 글리콜 에테르를 포함함 -, 아이소프로필 알코올, 에탄올, 톨루엔, 에틸 아세테이트, 2-부타논, 부틸 아세테이트, 메틸 아이소부틸 케톤, 메틸 에틸 케톤, 사이클로헥산, 아세톤, 방향족 탄화수소, 아이소포론, 부티로락톤, N-메틸피롤리돈, 테트라하이드로푸란, 에스테르, 예를 들어 락테이트, 아세테이트, 프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르 아세테이트(PM 아세테이트), 다이에틸렌 글리콜 에틸 에테르 아세테이트(DE 아세테이트), 에틸렌 글리콜 부틸 에테르 아세테이트(EB 아세테이트), 다이프로필렌 글리콜 모노메틸 아세테이트(DPM 아세테이트), 아이소-알킬 에스테르, 아이소헥실 아세테이트, 아이소헵틸 아세테이트, 아이소옥틸 아세테이트, 아이소노닐 아세테이트, 아이소데실 아세테이트, 아이소도데실 아세테이트, 아이소트라이데실 아세테이트 또는 다른 아이소-알킬 에스테르, 물; 및 이들의 조합 등을 포함한다.

코팅 용액(215)은 또한 예를 들어 개시제, 경화제, 경화 촉진제, 촉매, 가교결합제, 점성 부여제, 가소제, 염료, 계면활성제, 난연제, 커플링제, 안료, 열가소성 또는 열경화성 중합체를 포함한 충격 개질제, 유동 조절제, 발포제, 충전제, 유리 및 중합체 미소구체 및 미세입자, 전기 전도성 입자, 열 전도성 입자를 포함하는 다른 입자, 섬유, 정전기 방지제, 산화방지제, 광학 다운 컨버터(optical down converter), 예를 들어 인광체, UV 흡수제 등을 포함하는 다른 성분을 포함할 수 있다.

개시제, 예를 들어 광개시제가 코팅 용액에 존재하는 단량체의 중합을 촉진시키기에 효과적인 양으로 사용될 수 있다. 광개시제의 양은 예를 들어 개시제의 유형, 개시제의 분자량, 생성된 미세 구조화된 층의 의도된 응용, 및 예를 들어 공정의 온도 및 사용되는 화학 방사선의 파장을 포함한 중합 공정에 따라 달라질 수 있다. 유용한 광개시제는 예를 들어, 이르가큐어 (IRGACURE)TM 및 다로큐어 (DAROCURE)TM라는 상표명으로 시바 스페셜티 케미컬즈 (Ciba Specialty Chemicals)로부터 입수가 가능한 것 (이르가큐어TM 184 및 이르가큐어TM 819을 포함함)을 포함한다.

미세 구조화된 층(230)은 더 강성의 중합체 네트워크를 제공하도록 가교-결합될 수 있다. 가교제를 사용하여 또는 가교제를 사용하지 않고 감마 또는 전자 빔 방사선과 같은 고에너지 방사를 사용함으로써 가교결합이 달성될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 중합성 단량체, 올리고머 또는 중합체의 혼합물에 가교결합제 또는 가교결합제들의 조합이 첨가될 수 있다. 다른 곳에서 기술되는 화학 방사선 광원 중 임의의 것을 사용하여 중합체 네트워크의 중합 동안에 가교결합이 일어날 수 있다.

유용한 방사선 경화 가교결합제는 1,6-헥사다이올 다이(메트)아크릴레이트, 트라이메틸올프로판 트라이(메트)아크릴레이트, 1,2-에틸렌 글리콜 다이(메트)아크릴레이트, 펜타에리트리톨 트라이/테트라(메트)아크릴레이트, 트라이에틸렌 글리콜 다이(메트)아크릴레이트, 에톡실화 트라이메틸올프로판 트라이(메트)아크릴레이트, 글리세롤 트라이(메트)아크릴레이트, 네오펜틸 글리콜 다이(메트)아크릴레이트, 테트라에틸렌 글리콜 다이(메트)아크릴레이트, 1,12-도데칸올 다이(메트)아크릴레이트를 포함하는, 미국 특허 제4,379,201호 (하일만 (Heilmann) 등)에 개시된 것과 같은 다작용성 아크릴레이트 및 메타크릴레이트, 미국 특허 제4,737,559호 (켈렌 (Kellen) 등)에 개시된 것과 같은 공중합성 방향족 케톤 공단량체 등, 및 이들의 조합을 포함한다.

코팅 용액(215)은 또한 사슬 전달제를 포함할 수 있다. 사슬 전달제는 바람직하게는 중합 이전에 단량체 혼합물에 용해가능하다. 적당한 사슬 전달제의 일례는 트라이에틸 실란 및 메르캅탄을 포함한다. 일부 실시 형태

에서, 사슬 전달이 또한 용매에 대해서도 일어날 수 있지만, 이것은 바람직한 메커니즘이 아닐 수 있다.

중합 단계는 바람직하게는 낮은 산소 농도를 갖는 분위기에서 방사원을 사용하는 것을 포함한다. 산소는 자유 라디칼 중합을 억제하는 것으로 알려져 있으며, 그 결과 경화의 정도가 감소된다. 중합 및/또는 가교결합을 성취하기 위해 사용되는 방사선원은 화학 방사선원(예를 들어, 스펙트럼의 자외선 또는 가시 영역 내의 파장을 갖는 방사선), 가속 입자 방사선원(예를 들어, 전자 빔 방사선), 열 방사선원(예를 들어, 열 또는 적외 방사선) 등일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 에너지는 화학 방사선 또는 가속된 입자인데, 그 이유는 이러한 에너지가 중합 및/또는 가교결합의 시작 및 속도에 대한 우수한 제어를 제공하기 때문이다. 추가로, 화학적 방사 및 가속화된 입자는 상대적으로 낮은 온도에서 경화에 사용될 수 있다. 이것은 열 경화 기법을 사용할 때 에너지 경화성 기의 중합 및/또는 가교결합을 시작하는 데 요구될지도 모르는 비교적 높은 온도에 민감할 수 있는 성분을 열화시키거나 증발시키는 것을 방지한다. 적당한 경화 에너지원은 UV LED, 가시 LED, 레이저, 전자 빔, 수은 램프, 제논 램프, 탄소 아크 램프, 텅스텐 필라멘트 램프, 섬광 램프, 햇빛, 저휘도 자외광[흑광(black light)] 등을 포함한다.

일부 실시 형태에서, 결합제 (310)는 다작용성 아크릴레이트 및 폴리우레탄을 포함한다. 이러한 결합제 (310)는 광개시제, 다작용성 아크릴레이트, 및 폴리우레탄 올리고머의 중합 생성물일 수 있다. 다작용성 아크릴레이트와 폴리우레탄 올리고머의 조합은 더욱더 내구성이 있는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)을 형성할 수 있다. 폴리우레탄 올리고머는 에틸렌계 불포화를 나타낸다. 일부 실시 형태에서, 폴리우레탄 또는 폴리우레탄 올리고머는 아크릴레이트와 반응할 수 있거나, 아크릴레이트로 "캡핑"되어 본 명세서에 개시된 중합 반응에서 다른 아크릴레이트와 반응할 수 있다.

도 2에서 상술한 하나의 예시적인 공정에서는, 다수의 나노입자 (임의의), 및 용매에 용해된 중합성 물질 - 중합성 물질은 예를 들어, 하나 이상의 유형의 단량체를 포함할 수 있음 - 을 포함하는 용액이 제조된다. 중합성 물질은 기재 상에 코팅되고, 공구는 중합성 물질이 예를 들어, 열 또는 광을 가해 용매 중에서 불용성 중합체 매트릭스를 형성시키는 동안에 코팅에 적용된다. 일부 경우에, 중합 단계 후에, 용매는 중합성 물질의 일부를 더 낮은 농도지만 여전히 포함할 수 있다. 그 다음에, 용액을 건조 또는 증발시켜 용매를 제거하여, 중합체 결합제(310)에 분산된 다수의 보이드(320) 또는 보이드의 네트워크를 포함하는 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)을 형성한다. 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)은 중합체 결합제에 분산된 다수의 나노입자(340)를 포함한다. 나노입자는 결합제에 결합되며, 여기서 결합은 물리적이거나 화학적일 수 있다.

본 명세서에 기재된 공정을 사용해 본 명세서에 기재된 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300) 및 미세 구조화된 물품을 제조하는 것은 유기 물질, 수지, 필름, 및 지지체의 사용과 양립할 수 있는 온도 범위 내에서 수행될 수 있다. 다수의 실시 형태에서, 피크 공정 온도 (나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300) 및 미세 구조화된 물품 표면에 조준을 정한 광학 온도계로 측정됨)는 섭씨 200도 이하, 섭씨 150도 이하 또는 섭씨 100도 이하이다.

일반적으로, 나노보이드 형성된 미세 구조화된 층(300)은 결합제(310) 대 다수의 나노입자(340)의 임의의 중량비에 대한 원하는 공극률을 가질 수 있다. 따라서, 일반적으로, 중량비는 일정 응용에 바람직할 수 있는 임의의 값일 수 있다. 어떤 경우에는, 결합제(310) 대 다수의 나노입자(340)의 중량비는 적어도 약 1:2.5, 적어도 약 1:2.3 또는 1:2, 또는 1:1, 1.5:1, 2:1, 2.5:1, 3:1, 3.5:1, 4:1 또는 5:1이다. 일부 경우에, 중량비는 약 1:2.3 내지 약 4:1의 범위이다.

이제 도 3a와 관련하여, (a) 미세 구조화된 표면을 갖는 나노보이드 형성된 층을 먼저 형성하고, 이어서 그 미세 구조화된 표면을 종래의 (비-나노보이드 형성된) 물질, 예를 들어 종래의 중합체 물질로 백필링함으로써 제조된 물품과, (b) 종래의 물질의 층 내에 미세 구조화된 표면을 먼저 형성하고, 이어서 그 미세 구조화된 표면을 나노보이드 형성된 물질 층으로 백필링함으로써 제조된 물품 사이에 임의의 구조적 차이가 있는지의 여부를 잠시 살펴본다. 둘 모두의 경우에, 생성된 물품은 매립된 계면, 즉 미세 구조화된 표면을 가지며, 이 계면의 하나의 측에는 나노보이드 형성된 물질 층이 있고 이 계면의 다른 측에는 종래의 물질 층이 있다.

본 발명자들은 적어도 하나의 구조적 차이가 2개의 물품 간에 일어날 수 있으며, 구조적 차이가 상호 침투 메커니즘과 관련되어 있음을 알아냈다. 통상적인 물질 층이 미세 구조화된 표면을 나노보이드 형성된 물질로 백필링하기 전에 미세 구조화되는 경우 (b)의 물품에서, 나노보이드 형성된 물질은 전형적으로 통상적인 물질 층으로 이동하지 않는데, 그 층이 전형적으로 미세 구조화된 표면의 각 패시 (facet) 또는 그 부분에서 실질적으로 고정된 비다공성 배리어를 나타내므로, 나노보이드 형성된 물질이 이를 지나서 침투할 수 없기 때문이다. 이와 달리, 경우 (a)의 물품은, 종래의 재료(또는 이러한 재료에 대한 전구체, 예를 들어, 비경화된 액체 중합체 수

지)가 나노보이드 형성된 층의 미세 구조화된 표면에 적용될 때, 미세 구조화된 표면의 소면 또는 부분이, 예를 들어, 피트(pit), 포켓, 또는 터널 형태의 표면 보이드들 - 이들 내로 종래의 물질이 표면 보이드의 특성, 종래의 물질의 특성, 및 비경화된 상태에서의 종래의 물질의 체류 시간과 같은 공정 조건에 따라 이동할 수 있음 - 을 포함할 수 있는 방식으로 제조된다. 적절한 물질 특성 및 공정 조건을 이용하여, 도 3a에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 통상적인 물질 층이 나노보이드 형성된 층을 상호 침투할 수 있다.

도 3a는 제 1 나노보이드 형성된 층 (372)과 제 2 통상적인 물질 층 (370) 사이의 계면의 부분을 개략 단면도로 나타낸다. 계면 부분은 예를 들어, 2개의 층 사이에 형성된 구조화 표면의 미시적 부분일 수 있다. 나노보이드 형성된 층 (372)은 얇은 표면 보이드 또는 함몰부 (374A) 및 보다 깊은 표면 보이드 (374B)를 갖는 것으로 나타나있다. 표면 보이드 (374B)는 제 2 횡방향 치수 (S2) 보다 계면에 가까운 제 1 횡방향 치수 (S1)를 특징으로 하며, 보다 깊은 치수 (S2)는 보다 얇은 치수 (S1) 보다 크다. 층(370)이 층(372)(예를 들어, 오목부 (374A))의 대체적인 형상에 일치하는 경우뿐만 아니라, 층(370)으로부터 물질이 보이드(374a)와 같은 적어도 일부의 깊은 표면 보이드 내로 이동하거나 이를 실질적으로 충전하는 경우 - 여기서 계면에 더 가까운 보이드의 횡방향 치수는 계면으로부터 더 멀리 있는 횡방향 치수보다 작음 -, 층(370)을 층(372)에 상호침투하는 것으로서 특성화할 수 있다. 그러한 상호 침투는 본 명세서에 기재된 나노보이드 형성된 물질로 달성될 수 있다.

나노보이드 형성된 층에 의한 종래의 층의 상호침투 깊이를 특성화하기 위한 제1 방식에서, 종래의 층의 물질이 (평균 표면에 수직인 방향 또는 측정 축을 따라) 계면 평균 표면을 넘어 전진한 양을 측정할 수 있고, 이 양을 평균 크기의 보이드의 직경의 관점에서 특성화할 수 있다.

상호침투 깊이를 특성화하기 위한 제2 방식에서, 종래의 층의 물질이 평균 표면을 넘어 전진한 양을 다시 측정할 수 있고, 이어서 이 양을 거리의 표준 단위, 예를 들어 마이크로미터 또는 나노미터로 간단히 보고할 수 있다.

상호침투 깊이를 특성화하기 위한 제3 방식에서, 종래의 층의 물질이 평균 표면을 넘어 전진한 양을 다시 측정할 수 있지만, 이어서 이 양을 논쟁 중인 구조화된 표면의 특징부 높이의 관점에서 특성화할 수 있다.

예시적인 실시 형태에서, 상호침투 깊이는, 예를 들어, 제1 방식과 관련하여, 1 내지 10 평균 보이드 직경의 범위에 있을 수 있고; 제2 방식과 관련하여, 1, 10, 100, 또는 500 마이크로미터 이하일 수 있으며, 제3 방식과 관련하여, 특징부 높이의 5% 이상, 또는 10% 이상, 또는 50% 이상, 또는 95% 이상, 또는 100% 이상, 또는 특징부 높이의 5% 이하, 또는 10% 이하, 또는 25% 이하, 또는 5 내지 25%의 범위에 있을 수 있다. 그러나, 이들 예시적인 범위는 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 상호 침투 깊이를 특성화하는 제3 방식은, 예를 들어, 특징부-대-특징부 피치 (feature-to-feature pitch)가 1 마이크로미터 미만인 특히 작은 특징부 크기를 가지는 미세 구조화된 표면을 처리할 때 특히 적합할 수 있다.

상호침투에 관한 추가 논의는 본 출원과 동일자로 출원된, 발명의 명칭이 "미세 구조화된 저 굴절률 나노보이드 형성된 층을 갖는 광학 필름 및 이를 위한 방법"인 공동 양도된 미국 특허 출원 XXX(대리인 문서 번호 66015US005)에서 찾아볼 수 있다.

이 미국 출원은 또한 나노보이드 형성된 중합체 물질을 미세복제할 때 관찰된 수축 문제, 및 수축에 관한 문제가 구조화된 표면의 특징부 높이(예를 들어, 구조화된 표면 상의 가장 높은 지점과 가장 낮은 지점 사이의 측방향 거리), 구조화된 표면의 특징부의 중형비(예를 들어, 특징부 높이를 특징부 피치로 나눈 것, 여기서 특징부 피치는 구조화된 표면에서의 가장 가까운 이웃 특징부들 사이의 중심간 간격일 수 있음), 나노보이드 형성된 물질의 보이드 체적 분율(보이드가 차지하는 나노보이드 형성된 물질의 부분 체적), 나노보이드 형성된 물질의 굴절률, 및 나노보이드 형성된 층에 대한 코팅 용액 전구체의 체제(예를 들어, 중량% 고형물)와 어떻게 관계되어 있는지를 논의하고 있다. 예를 들어, 30 내지 45% 고형분의 범위에 있는 코팅 용액의 저농도 체제를 사용하여 보다 큰 미세 구조물을 복제하기 위해, 공구 상의 미세 구조물 기하 형태의 보상이 물질 수축을 고려하는 데 사용될 수 있으며, 따라서 원하는 특징부 형상이 성공적으로 만들어질 수 있다. 이 출원은 미세구조화된 표면의 수축 또는 다른 왜곡의 양의 감소와 연관된 어떤 바람직한 관계를 논의하고 있다. 하나의 이러한 관계에서, 미세구조화된 표면은 15 마이크로미터 이상의 구조물 높이[예를 들어, 도 4에서 치수(419b)와 치수(419a) 사이의 차] 및 0.3 초과의 중형비(구조물 높이를 구조물 피치로 나눈 것, 도 4 및 도 5에서 피치 P1 참조)로 특성화되고, 나노보이드 형성된 층은 보이드 체적 분율이 30% 내지 55%의 범위에 있으며; 및/또는 나노보이드 형성된 층은 굴절률이 1.21 내지 1.35, 또는 1.21 내지 1.32의 범위에 있고; 및/또는 나노보이드 형성된 층에 대한 코팅 용액 전구체는 45% 내지 70%, 또는 50% 내지 70%의 범위에 있는 중량% 고형물을 가진다. 이들과 같은 관계가 본 개시 내용에도 유리하게 적용될 수 있다.

광 추출 필름 및 필름/광원 결합체

개시된 나노보이드 형성된 층은 유리하게도, OLED 또는 다른 자기-발광 광원, 특히 픽셀화되어 있는 이러한 광원과 어떤 방식으로 결합될 수 있는 광학 필름에, 이러한 광원에서 광 추출을 향상시키고 손실을 감소시키기 위해, 포함될 수 있다. 이 필름은 광학 필름과 별도로 제조되는 광원의 외부 발광면에 부착되도록 설계될 수 있다.

도 4는 전면 발광 OLED, 예를 들어, 픽셀화된 전면 발광 OLED에서 사용될 수 있는 광 추출 필름의 개략 측면 또는 단면도이다. 광 추출 필름(410)은 연성 캐리어 필름(412) 및 필름(412)이 지니고 있는(예를 들어, 그에 부착되어 있는) 다양한 층을 포함하고 있다. 이들 층 중에 나노보이드 형성된 층(414) 및 다른 층(416)이 있고, 그 사이에 구조화된 표면(414a)을 형성하는 매립된 계면이 형성되어 있다. 나노보이드 형성된 층은 바람직하게는 가시광에 대한 굴절률이 종래의 중합체성 물질의 굴절률보다 상당히 작으며, 예를 들어, 1.35 또는 1.3 미만, 또는 예를 들어 1.15 내지 1.3 또는 1.15 내지 1.35의 범위에 있다. 다른 층(416)은 바람직하게는 나노보이드가 형성되어 있지 않고 굴절률이 나노보이드 형성된 층의 굴절률 초과인 중합체 물질 또는 다른 적당한 물질로 이루어져 있다. 층(414)과 층(416) 사이의 굴절률의 차는 바람직하게는 비교적 크다 - 예를 들어, 적어도 0.2, 또는 0.3, 또는 0.4, 또는 0.5 또는 그 이상임 -. 굴절률의 차는 구조화된 표면(414a)이 OLED 또는 다른 자기-발광 광원으로부터 광을 추출할 수 있는 광학 계면으로서 기능할 수 있게 해주며, 이에 대해서는 본 명세서에서 다른 곳에 기술되어 있다.

구조화된 표면(414a)은 광원으로부터 광을 추출하는 데, 즉 광원으로부터의 "낭비되는" 광을 의도된 응용에서 사용될 수 있도록 결합시키는 데 효과적인 임의의 윤곽 또는 형상을 갖도록 구성되어 있을 수 있다. 이와 관련하여, 낭비되는 광은 광원에 포획되거나 다른 방식으로 상실되는, 예를 들어, 디스플레이 또는 다른 의도된 조명 응용에서 유효 조명에 기여하지 않는 방향으로 광원의 가장자리로부터 방출되는 광을 말한다. 예시적인 실시 형태에서, 구조화된 표면은 개개의 광 추출 요소(415)를 정의하도록 형성되어 있다. 요소(415)가 곡면 선형 프리즘 또는 2개의 직교 방향(예를 들어, 구조화된 표면이 일반적으로 뻗어 있는 평면을 정의하는 방향)으로 배열되어 있는 렌티큘러 요소의 어레이를 나타낼 수 있는 곡면을 가지는 것으로 도시되어 있지만, 추출 요소가 일반적으로 제한 없이 임의의 적당한 형상[예를 들어, 렌티큘러, 프리즘 모양의, 1차원(선형으로 뻗어 있음) 또는 2차원]을 가질 수 있고, 주어진 구조화된 표면의 추출 요소 모두가 동일한 크기 및/또는 형상을 가질 필요가 없지만, 원하는 경우, 이들이 동일한 크기 및/또는 형상을 가질 수 있다. 예시적인 실시 형태에서, 추출 요소(415)는 가장 가까운 이웃들 간의 중심간 간격 또는 피치 P1으로 특성화된다. 추출 요소가 균일하게 분포되거나 서로로부터 균일한 간격으로 있지 않은 경우, 피치 P1은 추출 요소의 평균 중심간 간격을 나타낼 수 있다.

구조화된 표면(414a) 및/또는 추출 요소(415)는 또한 자기-발광 광원에 결합되도록 구성되어 있는 추출 필름의 표면으로부터의 거리 또는 두께에 의해 특성화될 수 있다. 추출 필름(410)의 경우에, 이 결합 표면은 층(416)의 외측 주 표면(416a)이다. 층(416)을 덮는 것으로 도시되어 있는 이형 라이너(418)는 바람직하게는 추출 필름이 광원에 부착될 준비가 될 때까지 결합 표면(416a)을 손상으로부터 보호하기 위해 제품 내에 포함되어 있다. 2개의 특성 거리가 동 도면에 표시되어 있다. 거리(419a)는 결합 표면(416a)과 구조화된 표면(414a) 사이의 층(416)의 연속적인 랜드 부분의 두께이다. 랜드는 이와 같이 한쪽 측면에서는 결합 표면과 경계를 이루며 반대쪽 측면에서는 결합 표면에 평행하고 결합 표면에 가장 가까운 구조화된 표면의 지점(들)에서 구조화된 표면과 교차하는 평면과 경계를 이루고 있다. 다른 특성 거리(419b)는 결합 표면(416a)과 결합 표면에 평행하고 결합 표면으로부터 가장 멀리 있는 구조화된 표면의 지점(들)에서 구조화된 표면과 교차하는 평면 사이의 거리이다. 달리 말하면, 랜드 두께 또는 거리(419a)는 결합 표면(416a)과 구조화된 표면(414a) 사이의 가장 작은 축방향 거리인 것으로 간주될 수 있고, 거리(419b)는 결합 표면(416a)과 구조화된 표면(414a) 사이의 가장 큰 축방향 거리인 것으로 간주될 수 있다.

추출 필름(410)이 자기-발광 광원의 가장 바깥쪽 표면 또는 경계에서 내부 전반사되는 광의 양을 감소시킴으로써 광 추출을 향상시키기 위한 것인 경우, 랜드 두께(419a)가 비교적 작도록 추출 필름(410)을 설계하는 것이 유리하다는 것을 알았다. 예를 들어, 랜드 두께(419a)는 50 마이크로미터 미만, 또는 25 마이크로미터 미만, 또는 10 마이크로미터 미만일 수 있지만, 이들 값이 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 어떤 경우에, 랜드가 없을 수 있다. 또 다른 경우에, 구조화된 나노보이드 형성된 특징부가 비연속적일 수 있다. 랜드 두께(419a)가 또한 연성 기재(412)의 두께 미만일 수 있다. 랜드 두께(419a)가 또한 층(416)이 도 2에 도시된 것과 같은 롤투를 처리 시스템에서 독립형 지지체 필름으로서 적합하지 않을 정도로 얇을 수 있다. 달리 말하면, 층(416)이 추출 필름(410)의 모든 다른 부분으로부터 분리될 수 있는 경우, 층(416)이, 예를 들어, 과도한 찢어짐, 뒤틀림, 또는 꼬임(curling) 없이 산업용 롤투를 처리 시스템에서 통상적으로 만나게 되는 힘의 영향을

받을 정도로 충분한 물리적 강도 또는 무결성을 갖지 않을 수 있다. 렌드 두께(419a)는 또한, 원하는 경우, 광 추출 요소(415)의 상당 부분이 자기-발광 광원의 소멸 구역(evanescent zone) 내에 배치되지 않도록 충분히 크게 선택될 수 있다.

또한, 다시 말하지만, 필름(410)이 TIR을 감소시킴으로써 광 추출을 향상시키기 위한 경우에, 피치 P1이 비교적 크도록(예를 들어, 1 마이크로미터 초과) 추출 특징부(415)를 구성하는 것이 유리하다는 것을 알았다. 특징부 높이, 즉 거리(419b)와 거리(419a) 사이의 차가 또한, 원하는 경우, 1 마이크로미터 초과일 수 있다. 추출 특징부의 기능이 원칙적으로, 예를 들어, 광학 회절보다는 광학 굴절의 원리에 의해 통제되도록 특징부 높이 및 횡방향 치수가 충분히 클 수 있다(예를 들어, 1, 5, 10, 또는 20 마이크로미터 초과).

연속 기법 및 일괄 기법(batch technique)(이들로 제한되지 않음)을 비롯한 매우 다양한 제조 기법을 사용하여 광 추출 필름(410)이 제조될 수 있다. 특히 유리한 제조 기법은 도 2에 개략적으로 도시된 것과 같은 3C(continuous cast and cure) 몰투몰 공정이다. 이러한 기법은 필름이 연속적으로 어쨌든 대량으로 제조되고, 이어서 많은 수의 조각(piece part) 또는 시트 - 그의 크기는 의도된 최종 사용 응용(들)에 맞도록 조정됨 - 로 변환(예를 들어, 절단 또는 분리)될 수 있게 해준다. 연성 캐리어 필름(412)은 도 2의 기재(216)와 유사한 독립형 지지체 필름으로서 적합하게 만들어주는 조성 및 두께 등의 물리적 특성을 가질 수 있다. 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN) 또는 그 공중합체 등의 종래의 광 투과성 중합체로 이루어진 필름은 이러한 목적으로 사용될 수 있게 해주는 데 필요한 필름 강도를 가지기 위해 약 50 마이크로미터(약 2 밀) 초과인 필름 두께를 가질 필요가 있을 것이다.

어떤 경우에, 구조화된 표면(414a)은 주조-및-경화 기법이 아니라 원하는 층에 원하는 추출 특징부를 생성할 수 있는 임의의 다른 적당한 기법으로 제조될 수 있다. 예를 들어, 임프린팅(imprinting), 엠보싱, 및 사출 성형이 또한 일부 경우에 구조화된 표면(414a)을 형성하는 데 사용될 수 있다. 그렇지만, 추출 필름(410)이 도 2의 공정과 유사한 공정을 사용해 제조되는 경우, 층(416)은 나노보이드 형성된 층(414) 및 구조화된 표면(414a)의 형성 후에 생성된 백필 층을 구성할 수 있다. 그 결과, 물질 선택 및 공정 조건에 따라, 층(416)은 도 3a와 관련하여 논의된 바와 같이 나노보이드 형성된 층(414)에 상호침투할 수 있다.

캐리어 필름(412), 나노보이드 형성된 층(414), 및 다른 층(416) 모두는 바람직하게는 광원으로부터의 광에 고 투과성이지만, 이들 층 중 하나, 일부 또는 전부에서의 작은 탁도량 내지 중간 탁도량이 특징의 응용에서 허용되고 및/또는 바람직할 수 있다. 이 층들은 바람직하게는, 추출 필름이 광원에 부착된 후에, 결합 표면(416a)을 통과하는 광원으로부터의 광의 대부분이 반대쪽 외측 표면(412b)에서 추출 필름을 빠져나가 시스템 조명에 기여하도록, 광원에 의해 방출된 광을 저손실로 투과시킨다. 캐리어 필름(412)은 PET, PEN, 그 공중합체, 유리(연성 유리를 포함함), 또는 다른 적당한 투명 또는 반투명 물질을 포함할 수 있다. 캐리어 필름(412)은 또한 교번하는 PET, PEN 및 그 공중합체의 층의 다층 필름을 포함할 수 있다. 캐리어 필름은 그에 부가하여 편광 및 파장 선택/변환 등의 고급 광학 기능을 가능하게 해주기 위해 복굴절, 형광 및 흡수층(들)을 포함할 수 있다. 캐리어 필름(412)은 또한, 추출 필름이 광원에 부착된 후에, 수증기 및 산소가 광원에 도달하는 것을 방지하기 위해 장벽층으로서 기능할 수 있다. 예시적인 초장벽 필름(ultrabARRIER film)은 미국 특허 제5,440,446호(Shaw 등), 제5,877,895호(Shaw 등), 및 제6,010,751호(Shaw 등)에 기술된 바와 같이, 예를 들어, 유리 또는 기타 적합한 기재 상에 2개의 무기 유전체 물질을 다수의 층으로 순차적으로 진공 증착함으로써, 또는 교번하는 무기 물질 및 유기 중합체의 층들을 진공 증착함으로써 제조된 다층 필름을 포함한다. 나노보이드 형성된 층(414)은 본 명세서에 개시된 광 투과성 나노보이드 형성된 물질들 중 임의의 것을 포함할 수 있다. 다른 층(416)은 임의의 적당한 광 투과성 물질을 포함할 수 있다. 예시적인 실시 형태에서, 층(416)은 광 투과성 감압 접착제 또는 다른 점탄성 물질일 수 있거나 그를 포함할 수 있다. 대표적인 점탄성 물질은 공동 양도된 미국 특허 출원(대리인 사건 번호 66015US005)(본 명세서에서 다른 곳에서 참조됨)에 논의되어 있다. 층(416)에 투명 접착제를 사용하는 것은 추출 필름이 중간 물질층 없이 자기-발광 광원의 외측 표면에 직접 부착될 수 있게 해준다. 층(416)에 점탄성 물질을 사용하는 것은 OLED의 비평면 발광면에 정합하도록 추출 필름[그리고 특히 추출 필름의 결합 표면(416a)]이 어느 정도 유동할 수 있게 해준다.

광 추출 필름(410)이 도 4에 도시된 것 이외의 다른 층, 및 이미 논의된 것 이외의 다른 특징 또는 특성도 물론 포함할 수 있다. 예를 들어, 산란을 통해 광 추출을 향상시키기 위해 또는 광을 필터링, 색상 변환, 또는 편광시키기 위해 물질이 또한 필름에 포함되어 있을 수 있다. 광 추출 필름의 기능성 및 어쨌든 그의 값을 더욱 증가시키기 위하여, 표면 코팅 또는 구조물, 예를 들어, 기능성 층이 광 추출 필름의 공기 표면에 부착될 수 있다. 이러한 표면 코팅은, 예를 들어 광학적, 기계적, 화학적, 또는 전기적 기능을 가질 수 있다. 이러한 코팅 또는 구조물의 예는 하기의 기능 또는 특성: 즉 흐림 방지(antifog); 정전기 방지(antistatic); 눈부심 방지

(antiglare); 반사 방지; 마모 방지(내스크래치성); 얼룩 방지(antismudge); 소수성; 친수성; 접착성 증대; 굴절 요소; 색상 필터링; 자외선(UV) 필터링; 스펙트럼 필터링; 색상 변환; 색상 수정; 편광 수정(선형 또는 원형); 광 방향전환; 확산; 또는 광학 회전(optical rotation)을 갖는 것들을 포함한다. 공기 표면에 적용될 기타 가능한 층은 장벽 층 또는 투명 전기 전도성 물질을 포함한다. 이형 라이너(418)가 생략될 수 있고, 및/또는 출력면(412b)을 보호하기 위해 추출 필름의 다른쪽 측면 상에 다른 이형 라이너가 제공될 수 있다.

도 5는 향상된 발광 광학 장치를 제작하기 위해 광 추출 필름(도 4의 것 등)이 추출 필름과 별도로 제조되는 전면 발광 OLED 또는 다른 적당한 자기-발광 광원에 부착될 수 있는 한 방식을 나타낸 것이다. 전면 발광 OLED(510)는 논의의 편의상 개략적으로만 도시되어 있다. OLED는 적어도 기재(512) 및 얇은 고굴절률 발광 코어 또는 영역(514)을 포함하고 있다. 기재는 수증기 및 산소가 한쪽 측면으로부터 영역(514)에 도달하는 것을 방지하기 위해 장벽층으로서 기능할 수 있고, 기재는 또한 열을 영역(514)으로부터 빼내기 위해 열 싱크 등의 기계적 및 열적 기능을 가질 수 있다. 기재(512)는 또한 백플레인(backplane)을 포함할 수 있다. 영역(514)을 구성하는 개별 층이 기재(510) 상부에 적당한 순서로 증착, 형성 또는 도포될 수 있다. 고굴절률 영역(514)은 전형적으로 인가된 전류 또는 전계에 응답하여 원하는 파장의 광을 방출하도록 구성되어 있는 적어도 하나의 유기층, 및 적어도 하나의 투명 전극을 포함하고 있다. 얇은 고굴절률 영역(514)에 다른 고굴절률 층이 또한 포함될 수 있다. 영역(514)의 외측 표면(514a)은 OLED(510)의 발광면인 것으로 간주될 수 있다.

OLED의 향상된 광학 성능을 제공하기 위해, 광 추출 필름(410)이 OLED의 발광면(514a)에 부착된다. 부착 이전에, 초기 광학 결합 표면(416a)을 노출시키기 위해 적절한 이형 라이너 또는 프리마스크(418)가 필름으로부터 제거된다. 어떤 경우에, 광 추출 필름의 광학 결합 표면이 OLED의 발광면(514a)에 바로 닿도록 위치될 수 있다. 추출 필름의 가장 바깥쪽 층이 감압 접착제 또는 다른 적당한 광 투과성 접착제인 경우, 그 사이에 그다지 공기 갭 없이 2개의 구성요소 간의 견고한 결합을 생성하기 위해서는 광 추출 필름의 광학 결합 표면과 OLED의 발광면 사이의 직접 접촉으로 충분할 수 있다.

다른 경우에, 광 추출 필름의 광학 결합 표면과 OLED의 발광면(514a) 사이에 얇은 광 결합층이 제공될 수 있다. 광 결합층은 몇가지 기능을 할 수 있다. 하나의 기능은 OLED의 발광면을 평탄화하는 것일 수 있다. 많은 픽셀화된 전면 발광 OLED에서, 예를 들어, 기재는 픽셀 및 서브픽셀 우물과 연관된 표면 특징부를 가질 수 있다. 공기 갭 또는 포켓 없이 광 추출 필름의 결합 표면이 부착될 수 있는 평면 표면을 제공하도록 우물 또는 다른 표면 특징부를 채우기 위해 광 결합층이 사용될 수 있다. 추출 필름의 가장 바깥쪽 층이 감압 접착제 또는 다른 적당한 접착제가 아닌 경우에, 광 결합층의 다른 기능은 광 추출 필름을, 예를 들어, OLED에 부착하는 것일 수 있다. 어떤 경우에, 광 결합층은, 구조체에 포함되어 있는 경우, 가능한 한 OLED의 고굴절률 영역(514)의 굴절률에 가까운 굴절률을 가질 수 있고, 따라서 고굴절률 영역 또는 그의 관련 소멸 구역 내에서의 도파관 모드가 추출 필름의 결합 표면에 더 가깝게 연장될 수 있다. 광 결합층은, 예를 들어, 고굴절률 영역(514)의 굴절률과 외측 표면이 광 추출 필름의 결합 표면에 대응하는 층의 굴절률 사이의 굴절률을 가질 수 있다. 적당한 광 결합층은 고굴절률 접착제 및 나노입자-충전된 중합체 등의 광 투과성 물질을 포함한다. 적당한 광 결합층은 또한 추출 필름의 결합 표면과 OLED의 발광면 사이의 거리를 최소화하기 위해 전형적으로 가능한 한 얇으면서도 그의 필요한 기능(들)을 수행한다. 전형적인 광 결합층은, 예를 들어, 두께가 0.5 내지 20 마이크로미터의 범위에 있을 수 있지만, 다른 두께도 역시 사용될 수 있다.

광 결합층이 사용되는지 여부에 관계없이, 광 추출 필름을 OLED에 부착하면 그 결과 얻어진 OLED 장치의 동작이 향상된다. 광 추출 필름은, 도파관 모드를 감소시키는 것에 의하면, 광의 내부 전반사를 감소시키는 것에 의하면, 또는 다른 메커니즘에 의하면, 주어진 광학 시스템에서 사용될 때 OLED의 증가된 유효 조명(때때로 증가된 이득이라고도 함)을 제공할 수 있다. 증가된 조명 또는 이득이 OLED 장치의 출력면으로부터의 가능한 출력 방향의 구면에 걸쳐 적분되는 총 조명으로 특성화되거나 측정될 수 있거나, 특정의 관심 방향을 따라 증가된 조명(예를 들어, OLED 출력면에 수직인 방향을 따라 증가된 축상 조명 또는 이득) 등의 다른 방식으로 측정될 수 있다.

OLED 장치의 유효 조명 또는 이득을 증가시키는 것에 부가하여, 예시적인 광 추출 필름은 또한 OLED/필름 결합체의 출력면으로서 역할하는 평탄한 또는 평면 외측 표면을 제공할 수 있다는 이점을 가진다. 추출 필름(410)이 평탄한 표면(412b)을 가지는 것으로 도시되어 있고, 이 표면은 필름이 부착된 후에 OLED 장치의 출력면으로 될 수 있다. 유리하게도, OLED의 증가된 출력을 책임지고 있는 정교한 구조화된 표면(들), 예를 들어, 구조화된 표면(414a)이 필름 내에 그리고 장치 내에 매립되어 있으며, 연성 캐리어층(412)에 의해 마멸, 티끌, 먼지, 오일, 및 다른 유해 작용제로부터 안전하게 보호된다. 평탄한 출력면이 이와 같이 많은 응용에서 유익한 것으로 보일 수 있지만, 어떤 경우에, 장치에 의해 방출되는 광 분포를 추가적으로 수정하는 노출된 구조화된 표면

을 제공하기 위해 OLED/필름 결합체의 출력면[예를 들어, 표면(412b)]을 엠보싱 또는 다른 방식으로 패턴화하는 것이 바람직할 수 있다.

픽셀화된 OLED에서 사용하기에 적합한 광 추출 필름 - 하나 초과의 매립된 구조화된 표면을 가지는 추출 필름, OLED가 제조될 수 있는 기관으로서 역할할 수 있는 추출 필름, 추출 특징부가 추출 특징부의 기능이 원칙적으로 광학 굴절보다는 광학 회절의 원리에 의해 통제되도록 하는 치수(예를 들어, 1 마이크로미터 미만의 피치)를 가지는 추출 필름, 추출 특징부가 추출 특징부의 기능이 원칙적으로 광학 회절보다는 광학 굴절의 원리에 의해 통제되도록 하는 치수(예를 들어, 1 마이크로미터 초과의 피치)를 가지는 추출 필름, 결합 표면이 광원의 발광면에 당도록 위치되어 있을 때 광 추출 요소의 상당 부분이 광원의 소멸 구역 내에 배치되어 있는 추출 필름, 및 결합 표면이 광원의 발광면에 당도록 위치되어 있을 때 광 추출 요소의 상당 부분이 광원의 소멸 구역 밖에 또는 그를 넘어서 배치되어 있는 추출 필름을 포함하지만, 이들로 제한되지 않음 - 의 설계 측면에 관한 추가의 정보는, 본 출원과 동일자로 출원되고 참조 문헌으로서 그 전체 내용이 본 명세서에 포함되어 있는, 공동 양도된 미국 출원 XXX "유기 발광 장치(OLED)에 대한 광 추출 필름(Light Extraction Films for Organic Light Emitting Devices (OLEDs))"(대리인 사건 번호 66957US002)에서 찾아볼 수 있다.

픽셀화된 OLED 장치

개시된 광 추출 필름 및 필름/OLED 결합체가 전형적으로 조명 응용에서 사용될 수 있는 비픽셀화된 OLED를 비롯한 매우 다양한 상이한 유형의 공지된 OLED에서 실시될 수 있다. 그렇지만, 이들은 전형적으로 전자 디스플레이에서 영상을 발생시키는 데 사용될 수 있는 픽셀화된 OLED에서 사용될 때 특히 유용하다. 도 6은 전형적인 픽셀화된 OLED(610)의 개략 평면도이다. 개별 발광 영역(612a, 612b, 612c) 및 발광 영역 사이의 비발광 영역을 형성하기 위해 OLED(610)가 패턴화된다. 각각의 발광 영역은 바람직하게는 개별적으로 전자적으로 어드레싱 가능하다. 큰 어레이를 형성하기 위해 발광 영역이 반복하는 패턴으로 배열되어 있고, 따라서 정적 또는 비디오 영상을 제공하기 위해 임의의 주어진 때에 어레이 내의 임의의 주어진 발광 영역 또는 일련의 영역이 조명될 수 있다.

흑색 디스플레이에서, 영역(612a 내지 612c)은 동일한 스펙트럼 성분 또는 색상의 광을 방출할 수 있다. 이 경우에, 각각의 개별 영역(612a, 612b, 612c)은 단일 픽셀을 나타낼 수 있다. 컬러 디스플레이에서, 영역(612a 내지 612c)은 상이한 색상의 광을 방출할 수 있다 - 예를 들어, 영역(612a)은 적색광을 방출할 수 있고, 영역(612b)은 녹색광을 방출할 수 있으며, 영역(612c)은 청색광을 방출할 수 있다 -. 픽셀화된 디스플레이 기술 분야에 공지된 바와 같이, 다른 색상 및 색상 조합도 가능하고, OLED는 3개보다 더 많거나 더 적은 수의 상이한 색상 영역을 포함할 수 있다. 컬러 디스플레이에서, 상이한 색상 영역들은 전형적으로 함께 그룹화되어 픽셀을 형성하고, 이 경우에 주어진 픽셀 내의 각각의 개별 발광 영역은 서브픽셀이라고 할 수 있다. OLED(610)가 컬러 디스플레이용으로 구성되어 있고 영역(612a)이 적색광을 방출하고, 영역(612b)이 녹색광을 방출하며, 영역(612c)이 청색광을 방출하는 경우에, 영역(614)은, 일 실시 형태에서, 단일 픽셀인 것으로 간주될 수 있다. 그 픽셀의 크기는 다양한 횡방향 치수 - 즉, 도면의 평면에서 측정된 치수 - 로 특성화될 수 있다. 픽셀이 공칭 직사각형 형상을 가지는 경우에, 2개의 관련 치수는 직사각형의 길이(장변의 크기) 및 폭(단변의 크기)일 수 있다. 치수(620)는 픽셀(614)의 폭을 나타낸다. 다른 관련있는 치수는 직사각형 픽셀의 대각선의 길이 등의 최대 횡방향 치수일 수 있다. 유의할 점은, OLED(610)가 단색광을 방출하고 따라서 각각의 개별 영역(612a 등)이 픽셀인 경우에, 그 작은 픽셀은 길이가 픽셀(614)과 동일할 것이지만 폭이 픽셀(614)의 1/3이라는 것이다. 대안적으로, OLED(610)가 픽셀을 구성하기 위해 (3개보다는) 4개의 이웃하는 발광 영역을 필요로 하는 경우, 그 픽셀은 길이가 픽셀(614)과 동일할 것이지만 폭이 픽셀(614)의 폭의 4/3배일 것이다.

도 7a 및 도 7b는 구조화된 표면이 공기에 노출되어 있는(매립되지 않음) 보통의 구조화된 표면 필름에서 픽셀화된 전면 발광 OLED로부터 광을 추출하는 것과 개시된 나노보이드 형성된 층 및 매립된 구조화된 표면을 포함하는 추출 필름에서 동일한 픽셀화된 전면 발광 OLED로부터 광을 추출하는 것 사이의 차이점을 나타낸 것이다. 간단히 말하면, 나노보이드 형성된 층 및 매립된 구조화된 표면의 사용은 구조화된 표면이 다른 필름보다 OLED에 훨씬 더 가깝게 배치될 수 있게 해준다. 이러한 이유는, 캐리어 필름이 OLED와 구조화된 표면 사이에 삽입될 필요가 없도록, 나노보이드 형성된 층이 도 7b의 추출 필름을 도 7a의 추출 필름에 대해 뒤집힐 수 있게 해주기 때문이다. 그 대신에, (매립된) 구조화된 표면이 캐리어 필름과 OLED 사이에 배치될 수 있고, (매립된) 구조화된 표면과 OLED 사이의 추출 필름의 랜드 부분이 실질적으로 전형적인 캐리어 필름의 두께 미만인 두께(예를 들어, 50, 25, 또는 10 마이크로미터 미만)를 갖도록 제조될 수 있다. 구조화된 표면을 픽셀화된 OLED에 더 가깝게 배치하는 것은, 특히 작은 픽셀 크기를 갖는 OLED에 대해, 픽셀의 블러링을 감소시키는 데 상당한 이점을 가질 수 있다. 추출 필름의 구조화된 표면이 상이한 방향으로 광을 산란시키는 굴절 구조물을 포함할 때

픽셀의 블러링이 일어날 수 있다.

이러한 산란과 보통의 왁스 종이(waxed paper) 시트에 의해 생성되는 산란 사이에서 유사점이 도출될 수 있다. 왁스 종이 시트가 텍스트가 인쇄된 종이 바로 위에 놓여지는 경우, 관찰자는 여전히 왁스 종이를 통해 텍스트를 분간할 수 있다. 그렇지만, 텍스트와 산란시키는 왁스 종이 사이의 거리가 증가하도록 왁스 종이가 천천히 들어 올려지는 경우, 텍스트가 빠르게 알아볼 수 없게 되는데, 그 이유는 텍스트의 글자들의 경계가 왁스 종이의 산란 동작에 의해 너무 블러링되기 때문이다. 이와 유사하게, 도 7b의 매립된 구조화된 표면은 도 7a의 구조화된 표면과 비교하여 픽셀화된 OLED의 블러링을 거의 내지 전혀 생성하지 않을 수 있는데, 그 이유는 전자의 구조화된 표면이 후자의 구조화된 표면과 비교하여 OLED에 훨씬 더 가깝게 근접해 있기 때문이다.

이와 같이, 도 7a는 보통의 광 추출 필름(730)이 픽셀화된 전면 발광 OLED(720)에 부착됨으로써 얻어지는 장치(710)의 일부분을 나타낸 것이고, 도 7b는 나노보이드 형성된 층 및 매립된 구조화된 표면을 포함하는 광 추출 필름(760)이 동일한 픽셀화된 전면 발광 OLED(720)에 부착됨으로써 얻어지는 장치(750)의 일부분을 나타낸 것이다. 이들 도면에서, OLED(720)의 번호가 부기된 구성요소는 구동기/제어기(722); 발광 영역(픽셀 등)(724); 유기 광 발생층(726); 투명 도체(728); 및 평탄한 발광면(729a)를 제공하기 위해 OLED를 평탄화시키는 광 결합층(729)을 포함한다. 도 7a에서, 노출된 구조화된 표면(734a)을 가지는 추출 필름(730)이 OLED에 부착되어 있다. 추출 필름(730)은 캐리어 필름(732); 캐리어 필름을 OLED에 부착시키는 접착제층(731); 및 굴절의 원리에 기초하여 기능하도록 충분히 큰 렌티큘러 프리즘 또는 렌즈 등의 광 추출 요소를 정의하도록 형성될 수 있는, 구조화된 표면(734a)을 제공하기 위해 엠보싱되거나 다른 방식으로 형성된 코팅층(734)을 포함한다. 추출 필름(730)의 개별 층들 중 어느 것도 나노보이드 형성된 층이 아니다. 이와 달리, 추출 필름(760)은, 예를 들어, 도 4와 관련하여 기술된 것과 유사한 구조체를 가질 수 있다. 필름(760)은 이와 같이 캐리어 필름(712); 굴절률이 1.15 내지 1.35, 또는 1.15 내지 1.3의 범위에 있을 수 있는 나노보이드 형성된 층(714); 나노보이드 형성된 층(714)보다 높은 굴절률의 층(716) - 층(716)은 바람직하게는 백필(backfill)이고 추출 요소(715)에서의 구조화된 표면(714a)을 정의하는 나노보이드 형성된 층과의 계면을 가지며, 이 요소(715)는 굴절의 원리에 기초하여 기능하도록 충분히 큰 렌티큘러 프리즘 또는 렌즈일 수 있음 - 을 포함한다. 구조화된 표면(714a)과 표면(716a) 사이의 층(716)의 렌즈 부분은, 예를 들어, 50 마이크로미터 미만, 또는 25 마이크로미터 미만, 또는 10 마이크로미터 미만일 수 있다. 픽셀화된 OLED로부터의 광은, 각각의 경우에, (도 7a 및 도 7b의 관점에서 볼 때) 추출 필름의 최상단 표면으로부터[즉, 도 7a에서의 구조화된 표면(734a)으로부터 그리고 도 7b에서의 평면 표면(712b)으로부터] 방출된다.

앞서 설명한 바와 같이, 추출 필름(760)이 추출 필름(730)보다 구조화된 표면을 픽셀화된 OLED에 더 가깝게 배치할 수 있는 것으로부터 추출 필름(760)에 대한 블러링이 감소되는 이점이 얻어진다. 게다가, 필름(760)의 구조화된 표면이 매립되어 있는 특성은, 필름(730)의 구조화된 표면이 노출되어 있는 특성에 비해, 마멸 또는 다른 유해한 작용제로부터의 손상에 대해 강건성 또는 내성이 있다는 이점을 제공한다.

실시예

이하의 실시예에서, 달리 언급하지 않는 한, 모든 부(part), 퍼센트, 비 등은 중량 단위이다. 사용되는 용매 및 다른 반응물은, 달리 언급하지 않는 한, 미국 위스콘신주 밀워키 소재의 Sigma-Aldrich Chemical Company로부터 입수되었다.

실시예 1: 50/60 탄환 모양의 추출기, 접착제 백필, ULI에서 탁도 없음

광선 추적법 및 모델링 패키징 LIGHTTOOLS(미국 캘리포니아주 패서디나 소재의 Optical Research Associates로부터 구매가능함)을 사용하여 매립된 추출층을 갖는 OLED에 대해 컴퓨터 시뮬레이션이 수행되었다. 시뮬레이션된 구성이 전반적으로 도 5에서 OLED 장치(520)로서 도시되어 있다. 초저굴절률(ULI)의 미세복제된 나노보이드 형성된 물질[예를 들어, 도 5의 층(414)을 참조]이 1.2의 굴절률 및 0 탁도를 가지는 것으로 모델링되었다. 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 기재를 모델링하기 위해 캐리어 필름 또는 기재[예를 들어, 도 5의 층(412)을 참조]의 굴절률이 1.65로 선택되었다. Soken 2032 감압 접착제(일본 소재의 Soken Chemical & Engineering Co., Ltd로부터 구매가능함)를 모델링하기 위해 백필 층[예를 들어, 도 5의 층(416)을 참조]의 굴절률이 1.48로 선택되었다. 기재는 두께가 100 μm 인 것으로 가정되었다.

추출 구조물(예를 들어, 도 5의 구조화된 표면을 참조)은 50 μm 피치를 갖는 탄환 모양의 추출 요소의 어레이였으며, 이 어레이는 상면도 또는 평면도에서 추출 요소의 육각형 배열을 가진다. 각각의 추출 요소의 형상은 축을 중심으로 원의 세그먼트를 회전시킴으로써 발생하는 회전면에 의해 주어지며, 이에 대해서는 도 8a 및 도 8b

를 참조하여 더 상세히 설명한다. 탄환 형상을 정의하는데 사용되는 곡면 세그먼트(812)는 원 중심을 통과하는 원의 평면의 축(805)으로부터 측정된 각도 θ_1 과 각도 θ_2 사이에 놓인 원(810)의 세그먼트였다. 실시예 1의 탄환 형상에서, θ_1 은 50도였고, θ_2 는 60도였다. 이어서, 세그먼트(812)는 탄환 모양의 회전면(820)을 발생하도록, 축(815)을 중심으로 회전되었다 - 축(815)은 축(805)과 평행하지만, 곡면 세그먼트의 종점과 교차함 -.

OLED의 기재쪽에 결합되어 있는 이 광 추출 필름의 광학 성능이 시뮬레이션되었고, 색상 균일성이 CIE 1976 L*u*v* 색 공간(CIE 표준 S 014-5/E:2009)에서의 최대 각도 색상 편차(maximum angular color deviation)로서 결정되었다. (u' , v') 색도 좌표와 관련하여, 색상 편차가 다음과 같이 주어지고:

$$\Delta u'v' = \sqrt{(u' - u'_0)^2 + (v' - v'_0)^2}$$

여기서 (u'_0 , v'_0)는 각도 색상 균일성을 평가하기 위한 기준 광원 - 이 경우에, OLED의 축방향 휘도 - 의 색도 좌표이다. 적분 이득이 추출 필름을 갖는 OLED와 추출 필름을 갖지 않는 OLED의 적분된 전력비로서 결정되었다. 시뮬레이션에서 사용되는 OLED의 파라미터는 Philips Lumiblade OLED(미국 뉴저지주 서머셋 소재의 Philips Lighting U.S.로부터 입수가능함)의 실험 측정치에 기초하였다. 모델 및 최적화에서 실험적으로 측정된 OLED 특성을 사용하였다. OLED가 먼저 1cm×1cm 표면적으로 개구가 형성되었고, 이어서 굴절률 정합유(index-matching oil)를 갖는 기재측에서 6.4 cm(2.5 인치)-직경 BK7 하프볼 렌즈(half ball lens) - 그의 구면은 반사 방지 코팅되어 있음 - 에 광학적으로 결합되었다. OLED 기재의 굴절률이 BK7 하프볼 렌즈에 거의 정합하기 때문에, 외측 기재 표면에서의 반사 및 굴절이 제거되어, 기재 내로의 OLED 방출 및 OLED/기재 계면에서의 OLED 반사의 정확한 측정이 가능하게 된다. 구체적으로는, OLED의 각도-스펙트럼 휘도 및 반사율이 특성화되고 시뮬레이션에서 사용되었다. 컴퓨터-설계 추출층 프로파일과 결합될 때, OLED 장치가 정확하게 모델링될 수 있다. 각도의 함수로서 계산된 색상 편차가 이하의 표 1에 주어져 있으며, 여기서 각도는 모델링된 장치의 광축 또는 표면 법선에 대해 공기에서의 관찰 각도이다. 매립된 추출 필름이 있는 경우와 없는 경우의 최대 각도 색상 불균일성은, 각각, 0.0115 및 0.0242였다. 모델링된 추출 필름에서의 적분 이득이 1.48였다.

[표 1]

각도 (도)	$\Delta u'v'$ 추출 필름을 갖는 OLED	$\Delta u'v'$ 원래의 OLED
88.5	0.0060	0.0242
85.5	0.0053	0.0219
82.5	0.0058	0.0202
79.5	0.0057	0.0193
76.5	0.0072	0.0189
73.5	0.0055	0.0182
70.5	0.0065	0.0178
67.5	0.0075	0.0174
64.5	0.0072	0.0171
61.5	0.0080	0.0166
58.5	0.0090	0.0158
55.5	0.0091	0.0150
52.5	0.0105	0.0143
49.5	0.0115	0.0134
46.5	0.0108	0.0124
43.5	0.0115	0.0115
40.5	0.0108	0.0102
37.5	0.0108	0.0088
34.5	0.0098	0.0073
31.5	0.0105	0.0061
28.5	0.0089	0.0048
25.5	0.0072	0.0036
22.5	0.0055	0.0027
19.5	0.0059	0.0015
16.5	0.0049	0.0010
13.5	0.0051	0.0005
10.5	0.0042	0.0005
7.5	0.0018	0.0003
4.5	0.0032	0.0006
1.5	0.0000	0.0000

이들 결과가 도 9a에 그래프로 나타내어져 있으며, 곡선(910)은 모델링된 OLED/추출 필름 결합체의 색상 편차이고, 곡선(912)은 추출 필름을 갖지 않는 OLED의 색상 편차이다.

실시예 2: 50/60 탄환 모양의 추출기, 접착제 백필, ULI에서 탁도 있음

광 추출 필름을 갖는 OLED가, 나노보이드 형성된 초저굴절률(ULI) 층에 약간의 탁도가 포함되어 있는 것을 제외하고는, 실시예 1에서와 동일한 방식으로 시뮬레이션되었다. 시뮬레이션된 나노보이드 형성된 층에 산란 중심을 부가함으로써 이것이 시뮬레이션되었으며, 여기서 산란 중심은 주로 전방 45° 원추각으로 그리고 20%로 설정된 산란 확률(즉, 광선이 층을 통해 지나갈 시에 적어도 한번 산란될 확률이 20%로 설정되었음)로 광을 산란시켰다. 시뮬레이션된 추출 필름의 나노보이드 형성된 층에서의 이러한 내장된 탁도에 의해, 각도 색상 불균일성이 0.010으로 감소되었고, 적분 이득이 1.51로 향상되었다.

실시예 3: 50/60 탄환 모양의 추출기, HRI 백필, ULI에서 탁도 없음

광 추출 필름을 갖는 OLED가, 나노보이드 형성된 ULI 물질의 굴절률이 (1.2보다는) 1.26으로 설정되었고 미국 특허 제7,547,476호(Jones 등)에 기재된 것과 같은 나노지르코니아-충전된 UV 경화성 아크릴레이트 수지 등의 고굴절률 경화성 수지를 대표하는 백필 물질[예를 들어, 도 5의 층(416)을 참조]의 굴절률이 (1.48보다는) 1.65로 선택된 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방식으로 시뮬레이션되었다.

색상 불균일성 및 적분 이득이 실시예 1에서와 같이 결정되었다. 계산된 색상 편차가 표 2에 주어져 있다. 광 추출 필름이 있는 경우와 없는 경우의 최대 각도 색상 불균일성은, 각각, 0.0083 및 0.0242였다. 추출 필름에서의 적분 이득이 1.55였다.

[표 2]

각도 (도)	$\Delta u'v'$ 추출 필름을 갖는	$\Delta u'v'$ 원래의 OLED
	OLED	
88.5	0.0022	0.0242
85.5	0.0030	0.0219
82.5	0.0053	0.0202
79.5	0.0083	0.0193
76.5	0.0072	0.0189
73.5	0.0072	0.0182
70.5	0.0072	0.0178
67.5	0.0060	0.0174
64.5	0.0059	0.0171
61.5	0.0054	0.0166
58.5	0.0060	0.0158
55.5	0.0058	0.0150
52.5	0.0048	0.0143
49.5	0.0065	0.0134
46.5	0.0058	0.0124
43.5	0.0075	0.0115
40.5	0.0062	0.0102
37.5	0.0067	0.0088
34.5	0.0068	0.0073
31.5	0.0070	0.0061
28.5	0.0055	0.0048
25.5	0.0040	0.0036
22.5	0.0037	0.0027
19.5	0.0020	0.0015
16.5	0.0014	0.0010
13.5	0.0013	0.0005
10.5	0.0008	0.0005
7.5	0.0002	0.0003
4.5	0.0010	0.0006
1.5	0.0000	0.0000

이들 결과가 도 9b에 그래프로 나타내어져 있으며, 곡선(920)은 모델링된 OLED/추출 필름 결합체의 색상 편차이고, 곡선(922)은 추출 필름을 갖지 않는 OLED의 색상 편차이다.

실시예 4: 50/60 탄환 모양의 추출기, HRI 백필, ULI에서 탁도 있음

광 추출 필름을 갖는 OLED가, 나노보이드 형성된 초저굴절률(ULI) 층에 약간의 탁도 - 실시예 2에 기술된 것과 동일한 탁도임 - 가 포함되어 있는 것을 제외하고는, 실시예 3에서와 동일한 방식으로 시뮬레이션되었다. 색상 불균일성 및 적분 이득이 실시예 1에서와 같이 결정되었다. 각도 색상 불균일성이 0.007로 감소되었고, 적분 이득이 1.57로 향상되었다.

실시예 5: 탄환 모양의 추출기 및 1-D 프리즘 어레이

추출 필름을 갖는 OLED가, 1차원(즉, 선형으로 뻗어 있는) 프리즘 필름이 OLED층의 반대쪽 측면[예를 들어, 도 5의 표면(412b)]을 참조]에서 기재에 부가되어 있다는 것 - 프리즘의 피크가 OLED층으로부터 멀어지는 쪽으로 향해 있음 - 을 제외하고는, 실시예 1에서와 동일한 방식으로 시뮬레이션되었다. 프리즘 어레이의 피치는 50 μm 였다. 프리즘 물질의 굴절률이 기재와 동일하게 선택되었고($n=1.65$), 모든 다른 장치 파라미터가 실시예 1에서와 동일하였다.

계산된 색상 편차가 표 3에 주어져 있다. 최대 색상 불균일성이 0.0126이었고, 적분된 이득이 1.34였다. 적분된 이득이 실시예 1 및 실시예 2보다 낮지만, 이 실시예에서는 방출된 광이 실질적으로 평행화되었다.

[표 3]

	$\Delta u'v'$ 추출 필름을 갖는	$\Delta u'v'$ 원래의
(도)	OLED	OLED
88.5	0.008	0.0242
85.5	0.0105	0.0219
82.5	0.0074	0.0202
79.5	0.0066	0.0193
76.5	0.005	0.0189
73.5	0.0079	0.0182
70.5	0.0067	0.0178
67.5	0.0084	0.0174
64.5	0.01	0.0171
61.5	0.0126	0.0166
58.5	0.0118	0.0158
55.5	0.0122	0.0150
52.5	0.0119	0.0143
49.5	0.0098	0.0134
46.5	0.0111	0.0124
43.5	0.011	0.0115
40.5	0.01	0.0102
37.5	0.009	0.0088
34.5	0.0085	0.0073
31.5	0.0062	0.0061
28.5	0.0048	0.0048
25.5	0.0035	0.0036
22.5	0.0036	0.0027
19.5	0.0029	0.0015
16.5	0.0024	0.0010
13.5	0.0029	0.0005
10.5	0.0023	0.0005
7.5	0.0018	0.0003
4.5	0.0002	0.0006
1.5	0.0000	0.0000

이들 결과가 도 9c에 그래프로 나타내어져 있으며, 곡선(930)은 모델링된 OLED/추출 필름 결합체의 색상 편차이고, 곡선(932)은 추출 필름을 갖지 않는 OLED의 색상 편차이다.

실시예 6: 매립된 광 추출 필름에 대한 픽셀 블러 분석

매립된 광 추출 필름의 픽셀 블러링 효과가 LIGHTTOOLS 광선 추적 소프트웨어(미국 캘리포니아주 패서디나 소재의 Optical Research Associates로부터 구매가능함)를 사용하여 모델링되었다. 적층물 구성이 실시예 1에서와 동일하였지만, 하기의 치수를 가졌다: 추출층의 피치 크기가 5 μm 였고, 추출층의 총 두께가 10 μm 였으며, 랜드 두께[추출 텍스처(구조화된 표면)의 하단과 OLED 발광기의 상단 사이의 거리]가 1 μm 내지 5 μm 로 설정되었다. 이 시뮬레이션은 측방향 광 확산을 분석하기 위해 매립된 추출 표면 바로 위에(추출 기재 바로 아래) 위치한 표면 검출기를 포함하였다. 동일한 탄환 모양의 추출 특징부를 갖지만 반대 방향으로 향하고 있는 외부 또는 노출된 구조화된 표면(예를 들어, 도 7a의 추출 필름 배향을 참조)을 이용한 비교 실시 형태가 또한 시뮬레이션되었고, 이 실시 형태의 랜드 두께(구조화된 표면의 하단과 OLED 발광기의 상단 사이의 거리)는 50 마이크로미터로 설정되었다.

3개의 실시 형태 모두에 대해, 광학 시스템을 통과한 후의 무한히 작은 점광원의 측방향 확산을 나타내는 점 확산 함수가 계산되었다. 50 마이크로미터 랜드 비교 실시 형태에 대한 점 확산 함수는 도 11a에 도시되어 있고, 5 마이크로미터 랜드 (매립된 구조화된 표면) 실시 형태에 대한 점 확산 함수는 도 11b에 도시되어 있으며, 1

마이크로미터 랜드 (매립된 구조화된 표면) 실시 형태에 대한 점 확산 함수는 도 11c에 도시되어 있다. OLED 픽셀의 외관이 블러링되는 정도는 점 확산 함수와 원래의 OLED 픽셀 형상의 수학적 컨볼루션에 의해 구해질 수 있다. 도 10의 평면도 또는 정면도에 도시된 바와 같은 직사각형 모양의 OLED 픽셀에 대해 이것이 계산되었으며, 여기서 폭이 20 마이크로미터로 설정되었고 폭이 60 마이크로미터로 설정되었다. 얻어지는 외관은 50 마이크로미터 랜드 비교 실시 형태에 대해서 도 12a에서, 그리고 5 마이크로미터 (매립된 구조화된 표면) 실시 형태에 대해서 도 12b에서, 그리고 1 마이크로미터 랜드 (매립된 구조화된 표면) 실시 형태에 대해서 도 12c에서 볼 수 있다. 5 μm 의 랜드 두께(도 12b)와 비교하여 1 μm 의 랜드 두께(도 12c)에 의해 픽셀 블러링이 상당히 감소되었지만, 심지어 5 μm 의 랜드 두께에서도, 픽셀의 블러링이 인접한 픽셀의 영역에 걸쳐 뻗어 있지 않으며 대부분의 디스플레이 응용에 대해 타당할 것이다. 도 12b 및 도 12c에서의 블러링의 양은 둘 다 도 12a에서 보는 블러링과 비교하여 상당히 감소되었다.

임의의 차원에서의 인지된 픽셀 측방향 범위 "L"은 광학 에너지의 90%가 한정되어 있는 범위인 것으로 간주될 수 있다. 이 측방향 범위는 전형적으로 물리적 픽셀 범위 "D"보다 더 크다. 픽셀 블러 "B"가 이어서 이들 2개의 값 사이의 퍼센트 차, 즉 $[(L-D)/D]\%$ 로서 정의될 수 있다. 임의의 차원에서의 인지된 픽셀 측방향 범위 "L"은 2P, 1.5P, 1.0P 미만이어야 하고, 여기서 "P"는 그 차원에서의 픽셀 피치이다. 픽셀 블러가 인지된 픽셀 측방향 범위 "L"의 함수로서 정의되기 때문에, 타당한 픽셀 블러가 다음과 같이 표현될 수 있다: $B < (2P-D)/D$, 또는 $B < (1.5P-D)/D$, 또는 $B < (1P-D)/D$. 점 확산 함수는 픽셀 블러의 다른 척도이다. 보다 넓은 점 확산 함수가 전형적으로 더 상당한 픽셀 블러와 연관되어 있다.

실시예 7: 낮은 탁도 ULI, Soken PSA 백필

이하에서 기술하는 바와 같이, 광 추출 필름이 미세복제된 나노보이드 형성된 물질(초저굴절률 또는 ULI 물질이라고도 함)로 제조되었다. 미세복제된 ULI 및 미세복제된 ULI 구조물을 제조하는 공정에 관한 상세한 정보는 본 명세서에서 다른 곳에서 참조되는 공동 양도된 미국 특허 출원(대리인 사건 번호 66015US005)에서 찾아볼 수 있다.

탄환 모양의 미세복제 공구

미국 특허 제6,285,001호(Fleming 등)에 기술된 바와 같이, 엑시머 레이저 가공 공정을 사용하여 이 실시예 7에 대한 탄환 모양의 미세복제 공구가 제조되었다. 얻어진 패턴이 반전된 탄환 형상을 갖는 구리 롤로 이송되었고, 여기서 탄환 특징부가 50 μm 피치를 갖는 밀집된 육각형 패턴으로 배열되었고, 탄환의 형상은, 회전면을 정의하는 곡면 원호가 각도 $\theta_1 = 25^\circ$ 와 $\theta_2 = 65^\circ$ 를 경계로 하고 있는 것을 제외하고는, 실질적으로 실시예 1에 기술된 바와 같았다. 구리 롤이 이어서 Accentrim 수지(Cognis로부터 입수가 가능한 75 중량% PHOTOMER 6210 및 Aldrich Chemical Co.로부터 입수가 가능한 25 중량% 1,6-헥산다이올다이크릴레이트의 조성을 갖는 UV 경화성 아크릴레이트 수지를 함유하는 우레탄, 및 Ciba Specialty Chemicals로부터의 1 중량% Darocur 1173인 광개시제)를 사용하는 3C 공정에 대한 복제 마스터로서 사용되었다. Accentrim 수지가 PET 지지체 필름(DuPont 618 PET Film, 127 마이크로미터(5 밀) 두께)로 주조되고 이어서 자외광을 사용하여 정밀 원통형 공구에 대고 경화되었다.

A-174로 처리된 실리카 나노입자

냉각기와 온도계가 구비된 2 리터 3구 플라스크에서, 960 그램의 IPA-ST-UP 오르가노실리카 긴 입자 (미국 텍사스주 휴스턴 소재의 닛산 케미칼 인코포레이티드 (Nissan Chemical Inc.)로부터 입수가 가능함), 19.2 그램의 탈이온수, 및 350 그램의 1-메톡시-2-프로판올을 급속 교반 하에 혼합하였다. 긴 입자는 약 9 nm 내지 약 15 nm 범위의 직경 및 약 40 nm 내지 약 100 nm 범위의 길이를 가졌다. 입자를 15.2 wt%의 IPA에 분산시켰다. 그 다음에, 22.8 그램의 실케스트 A-174 실란 (미국 코네티컷주 윌턴 소재의 지이 어드밴스트 머티어리얼즈 (GE Advanced Materials)로부터 입수가 가능함)를 플라스크에 첨가하였다. 얻어진 혼합물을 30 분간 교반하였다.

혼합물을 81°C에서 16 시간 동안 유지하였다. 그 다음에, 이 용액이 실온으로 냉각될 수 있었다. 그 다음에, 용액 중의 약 950 g의 용매가 40°C 항온 수조에서 회전 증발기를 사용하여 제거되었고, 그 결과 1-메톡시-2-프로판올에서의 41.7 중량% A-174-개질된 긴 실리카 투명 분산물이 얻어졌다.

저탁도, 저굴절률 제제(ULI 수지)

호박색 유리병에, 1-메톡시-2-프로판올 중의 A-174로 처리된 실리카 나노입자 IPA-ST-UP의 41.78 중량% 용액 194.1 g을 첨가하였다. 유리병에 또한 64.87 g의 Sartomer SR 444 및 40.5 g의 Sartomer CN 9893(모두 미국 펜실베이니아주 엑스톤에 소재하는 Sartomer Company로부터 입수가 가능함), 1.458 g의 Irgacure 184, 0.48 g의

Irgacure 819(모두 미국 노스캐롤라이나주 하이 포인트 소재의 Ciba Specialty Chemicals Company로부터 입수 가능함), 및 1.5 g의 TEGO® Rad 2250(독일 에센 소재의 Evonik Tego Chemie GmbH로부터 입수가능함)을 첨가하였다. 이 제제의 내용물이 완전히 혼합되어, 50.5 중량% 고형물을 갖는 UV 경화성 ULI 수지를 얻었다.

초저굴절률(ULI) 구조물

상기한 3C 공정으로부터의 탄환 필름이 얻어져 릴리스를 위해 처리되었다. 릴리스 처리는 먼저, 200W에서 20 초 동안 500ccm O₂를 이용한 필름의 산소 플라즈마 처리, 그 다음에 150W에서 90 초 동안 200ccm TMS를 이용한 테트라메틸실란 (TMS) 플라즈마 처리로 구성되었다. 이 필름은 이어서 초저굴절률(ULI) 구조물을 미세복제하기 위해 3C 공정에 대한 복제 마스터로서 사용되었다. ULI 수지는 50.5 중량% 고형물이었고, 76.2 마이크로미터(3 밀) 두께의 프라이밍된 PET 필름 상에 복제되었다. 이 수지는 35.3V 및 5.85 암페어에서 동작하는 LED 경화 시스템을 사용하여 경화되었다. 미세복제된 ULI 필름이 Fusion Lamp(H-Bulb)를 사용하여 후경화되었다. Metricon Model 2010 Prism Coupler(미국 뉴저지주 페닝턴 소재의 Metricon Corporation으로부터 입수가능함)를 이용하여, 나노복제된 ULI 층의 굴절률이 측정되었고, 약 1.25로 밝혀졌다. 도 8c는 제조된 ULI 복제품의 구조화된 표면(830)의 광학 현미경 사진을 나타낸 것이며, 여기서 개개의 탄환 모양의 추출 요소(832)가 명확하게 보인다.

추출 필름

ULI 필름이 230°F에서 물러를 갖는 가열 롤러 라미네이터를 사용한 압력 하에서 라미네이션에 의해 Soken 2032 감압 접착제(일본 소재의 Soken Chemical & Engineering Co., Ltd로부터 구매가능함)로 백필링되었다. PSA가 ULI 탄환 템플릿에 완전히 충전된 것이 광학 현미경으로 확인되었다. 이 필름은 또한 레이저 포인터로 조사되었고, 원래의 구리 공구로부터 복제된 탄환 필름 공구에 대해서와 유사한 굴절 패턴이 관찰되었다.

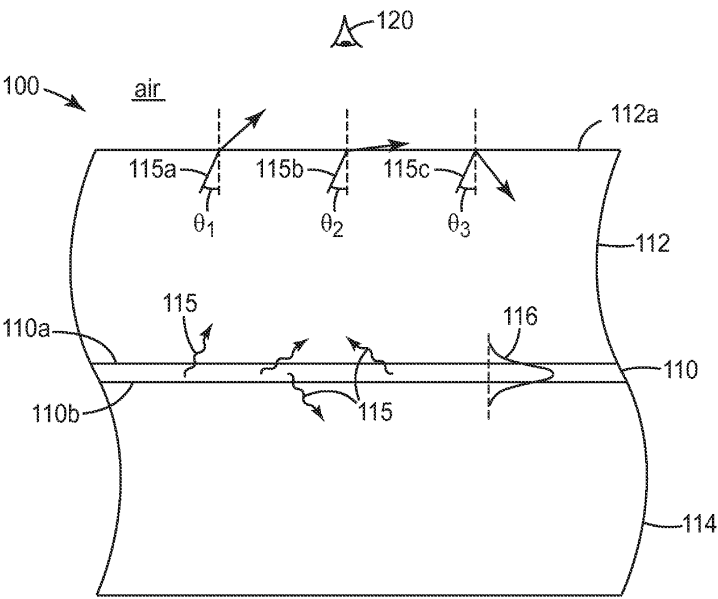
추출 필름의 백필링된 접착제층을 Philips Lumiblade OLED 테스트 비히클(미국 뉴저지주 서머셋 소재의 Philips Lighting U.S.로부터 입수가능함)의 기재 측면에 접합함으로써 이 광 추출 필름의 광학 성능이 평가되었다. 적분 이득이 추출 필름을 갖는 OLED와 추출 필름을 갖지 않는 OLED의 적분된 전력비로서 측정되었다. 매립된 추출 필름을 갖는 최대 각도 색상 불균일성은 매립된 추출 필름을 갖지 않는 OLED에 대해 향상을 나타내었다. 매립된 추출 필름에서의 적분 이득이 1.28였다.

달리 언급하지 않는 한, 본 명세서 및 특허청구범위에 사용되는 양, 특성의 측정치 등을 표현하는 모든 숫자는 "약"이라는 용어에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 그에 따라, 달리 언급하지 않는 한, 명세서 및 특허청구범위에 기술되는 숫자 파라미터는 본 출원의 개시 내용을 이용하여 당업자가 달성하고자 하는 원하는 특성에 따라 다를 수 있는 근사치이다. 특허청구범위의 범주에 대한 등가물의 원칙의 적용을 제한하려고 시도함이 없이, 각각의 수치적 파라미터는 적어도 보고된 유효 숫자의 수의 관점에서 그리고 통상의 반올림 기법을 적용하여 해석되어야 한다. 본 발명의 넓은 범주를 기술하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고, 임의의 수치 값이 본 명세서에 설명된 특정 예에 기술되는 한, 이들은 가능한 한 합리적으로 정확히 보고된다. 그러나, 임의의 수치 값은 시험 또는 측정 한계와 관련된 오차를 분명히 포함할 수 있다.

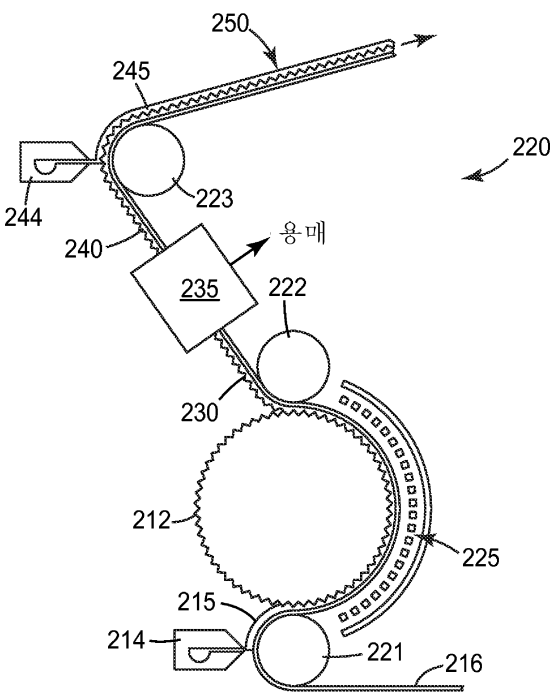
본 발명의 다양한 수정 및 변경이 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 기술 분야의 당업자에게는 명백할 것이며, 본 발명이 본 명세서에 기술된 예시적인 실시 형태로 제한되지 않는다는 것을 잘 알 것이다. 예를 들어, 읽는 사람은, 달리 언급하지 않는 한, 하나의 개시된 실시 형태의 특징이 또한 모든 다른 개시된 실시 형태에도 적용될 수 있는 것으로 가정해야 한다. 또한, 본 명세서에서 언급된 모든 미국 특허, 특허 출원 공개, 및 기타 특허와 비특허 문서가, 이상의 개시 내용과 모순되지 않는 한, 참조 문헌으로서 포함된다는 것을 잘 알 것이다.

도면

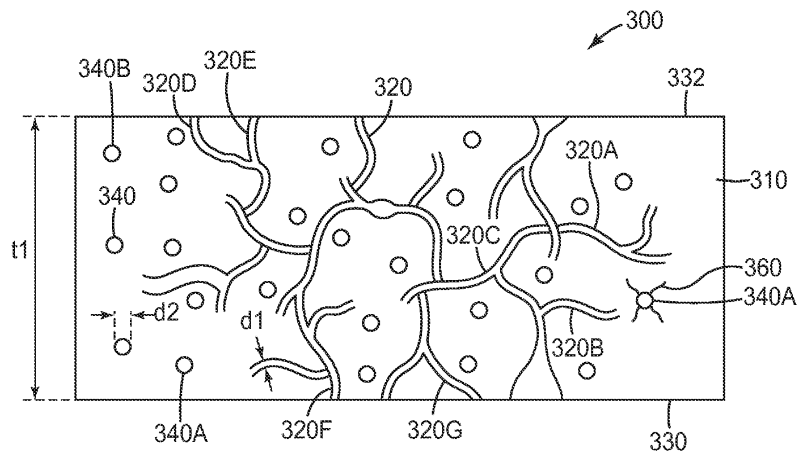
도면1



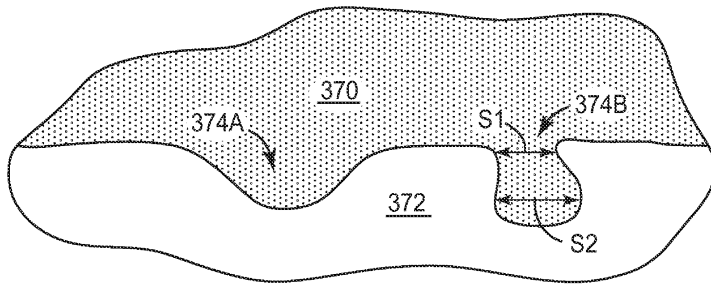
도면2



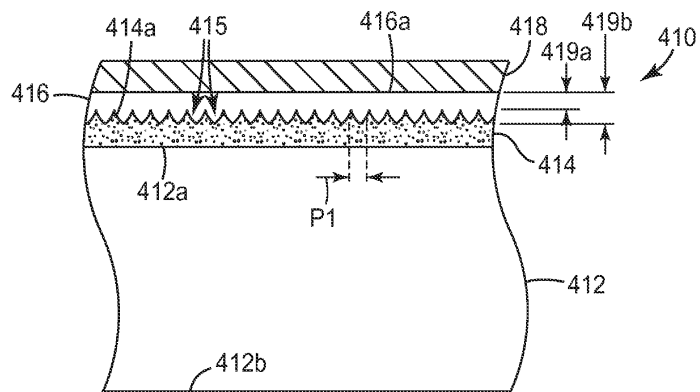
도면3



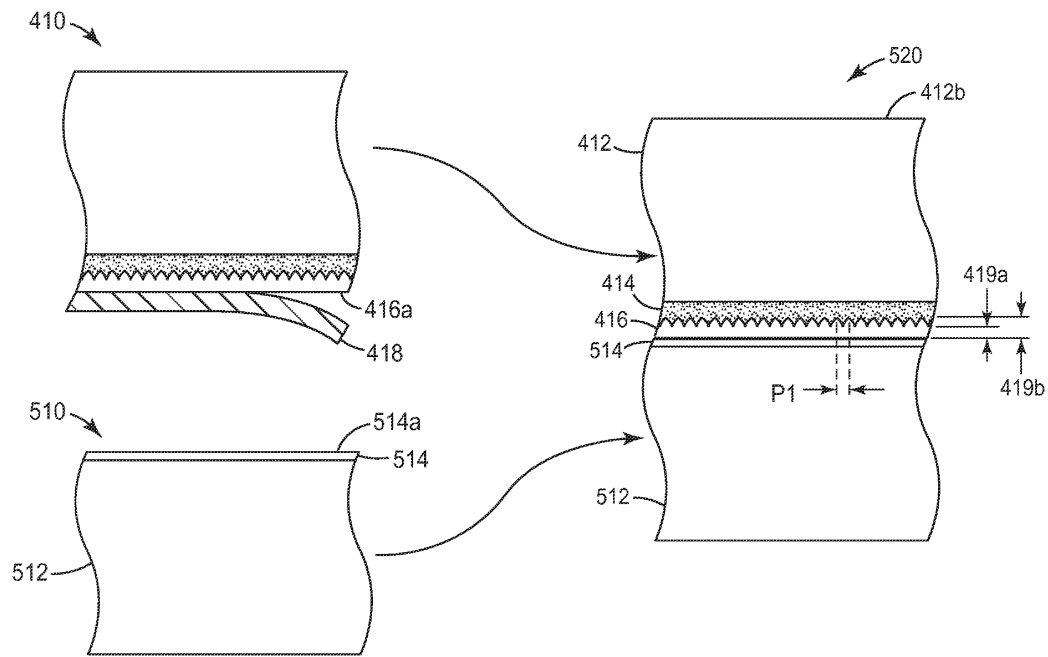
도면3a



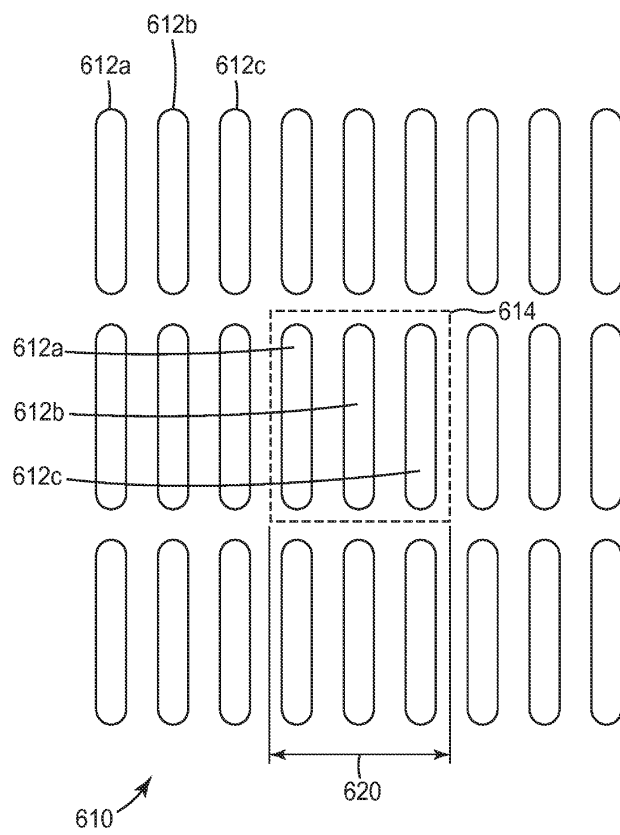
도면4



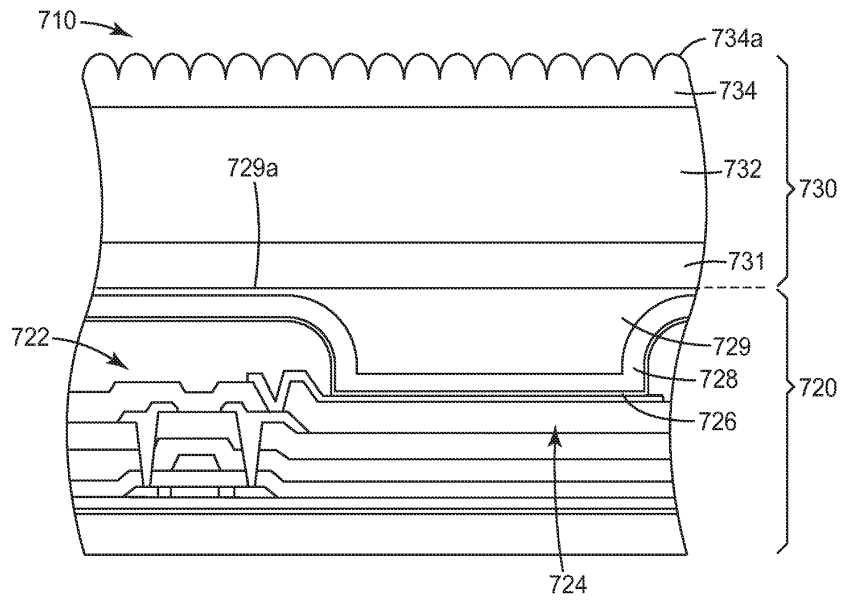
도면5



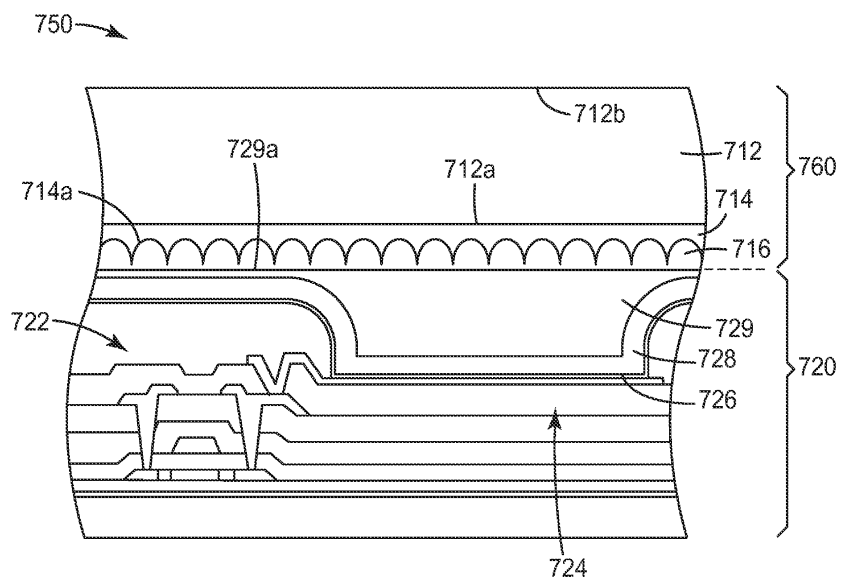
도면6



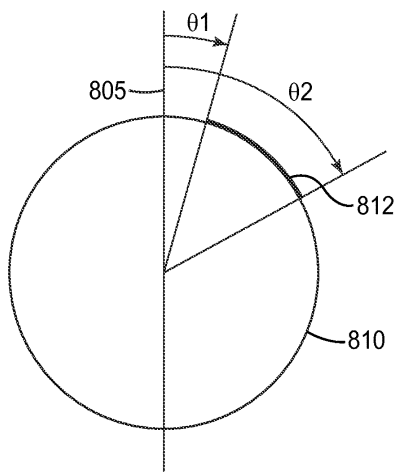
도면7a



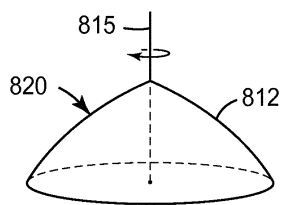
도면7b



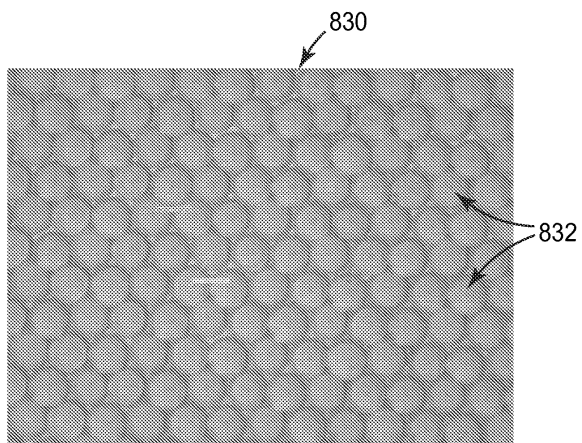
도면8a



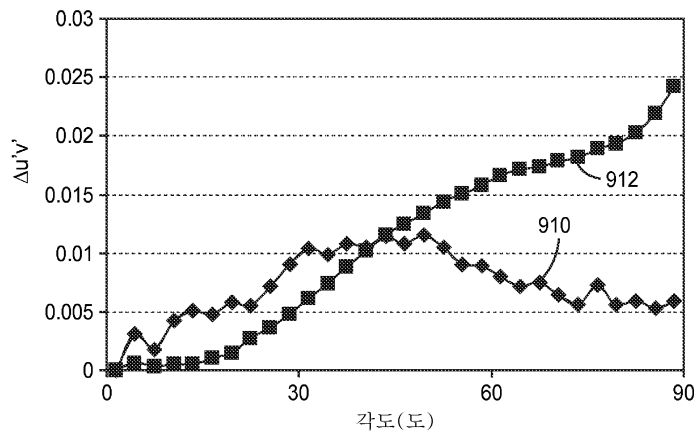
도면8b



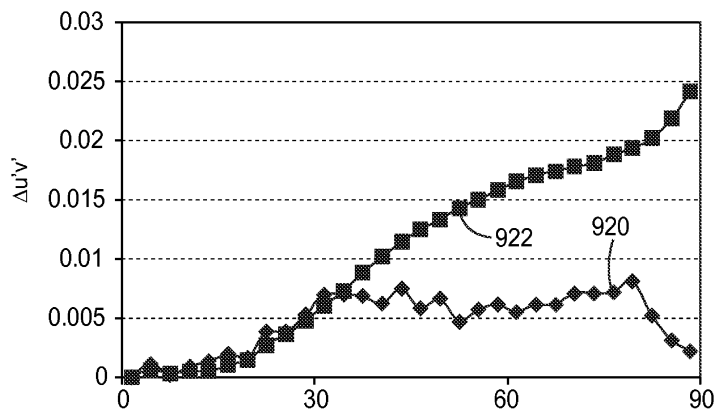
도면8c



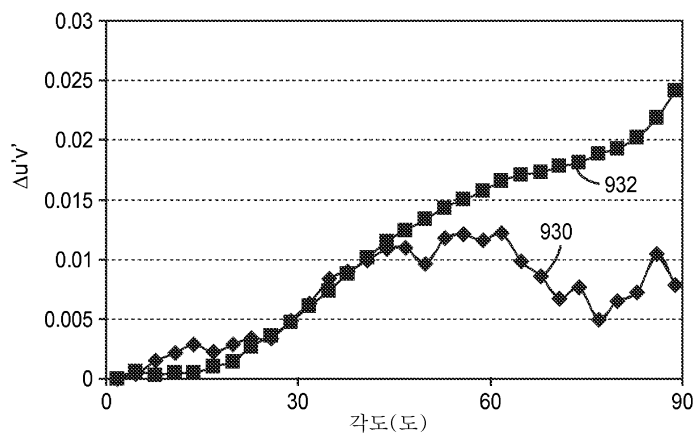
도면9a



도면9b



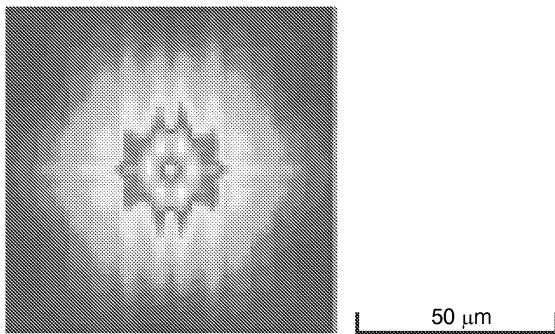
도면9c



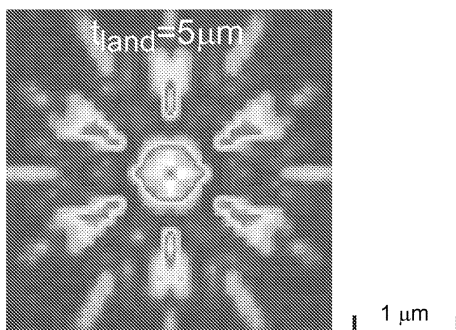
도면10



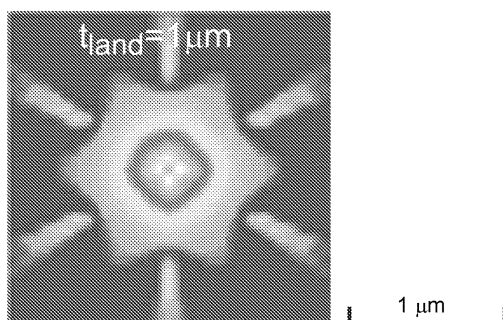
도면11a



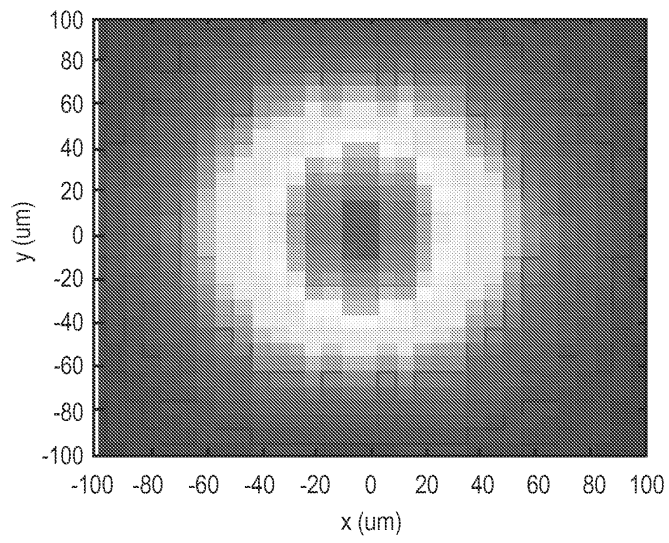
도면11b



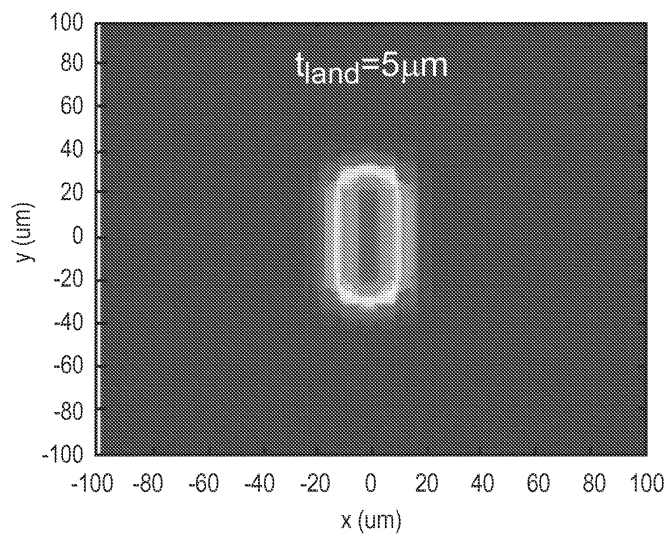
도면11c



도면12a



도면12b



도면12c

