



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월29일

(11) 등록번호 10-2127748

(24) 등록일자 2020년06월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**B32B 3/26** (2006.01) **H01L 27/32** (2006.01)  
**H01L 51/52** (2006.01)

(52) CPC특허분류  
**B32B 3/26** (2013.01)  
**H01L 27/3258** (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7003981

(22) 출원일자(국제) 2013년06월17일

심사청구일자 2018년06월14일

(85) 번역문제출일자 2015년02월13일

(65) 공개번호 10-2015-0034267

(43) 공개일자 2015년04월02일

(86) 국제출원번호 PCT/US2013/046075

(87) 국제공개번호 WO 2014/014595

국제공개일자 2014년01월23일

(30) 우선권주장

13/553,987 2012년07월20일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20100104807 A1\*

\*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

윌크 마틴 비

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

마주렉 미치슬라프 에이치

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

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 김영

전체 청구항 수 : 총 3 항

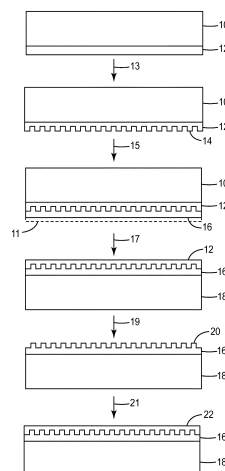
심사관 : 임홍철

(54) 발명의 명칭 구조화된 라미네이션 전사 필름 및 방법

## (57) 요약

본 발명은 구조화된 층을 수용체 기재로 전사하기 위한 라미네이션 전사 필름 및 방법에 관한 것이다. 전사 필름은, 이형가능 표면을 갖는 캐리어 기재, 캐리어 기재의 이형가능 표면에 적용되며 비평면의 구조화된 표면을 갖는 희생 템플릿 층(sacrificial template layer), 및 희생 템플릿 층의 비평면의 구조화된 표면에 적용된 열적으로 안정한 백필 층(backfill layer)을 포함한다. 희생 템플릿 층은, 백필 층의 구조화된 표면을 실질적으로 그대로 남겨 두면서, 예를 들어, 열분해를 통해, 백필 층으로부터 제거될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01L 51/5275** (2013.01)

(72) 발명자

**라만스키 세르게이**

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

**보겔-마틴 마가렛 엠**

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

**존스 비비안 더블유**

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

**벤슨 올레스터 주니어**

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

**프리 마이클 벤튼**

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

**슈와르츠 에반 엘**

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

**베이 랜디 에스**

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

**클라크 그라함 엠**

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

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

매립된 구조화된 층을 전사하는 데 사용하기 위한 라미네이션 전사 필름으로서,

이형가능 표면을 갖는 캐리어 기재;

캐리어 기재의 이형가능 표면에 배치된 제1 표면을 가지며 제1 표면 반대편의 제2 표면을 갖는 희생 이형가능 층 - 여기서, 제1 표면과 제2 표면은 평면(planar surface)들임 - ;

희생 이형가능 층의 제2 표면에 배치되고, 희생 이형가능 층의 제2 표면에 인접한 평면 및 희생 이형가능 층 반대편의 면 상에 비평면의 구조화된 표면을 갖는 상부 층; 및

상부 층의 비평면의 구조화된 표면에 배치되어 상부 층과의 사이에 구조화된 계면을 형성하는 백필 층을 포함하고,

희생 이형가능 층은 백필 층과 상부 층을 실질적으로 그대로 남겨 두면서 상부 층으로부터 제거될 수 있는, 매립된 구조화된 층을 전사하는 데 사용하기 위한 라미네이션 전사 필름.

#### 청구항 2

매립된 구조화된 층을 영구 수용체로 전사하기 위한 방법으로서,

이형가능 표면을 갖는 캐리어 기재;

캐리어 기재의 이형가능 표면에 배치된 제1 표면을 가지며 제1 표면 반대편의 제2 표면을 갖는 희생 이형가능 층 - 여기서, 제1 표면과 제2 표면은 평면들임 - ;

희생 이형가능 층의 제2 표면에 배치되고, 희생 이형가능 층의 제2 표면에 인접한 평면 및 희생 이형가능 층 반대편의 면 상에 비평면의 구조화된 표면을 갖는 상부 층; 및

상부 층의 비평면의 구조화된 표면에 배치되어 상부 층과의 사이에 구조화된 계면을 형성하는 백필 층을 포함하는 라미네이션 전사 필름을 제공하는 단계;

백필 층이 영구 수용체에 배치되도록 라미네이션 전사 필름을 영구 수용체에 배치하는 단계;

희생 이형가능 층의 적어도 일부분을 상부 층 상에 남겨 두면서 캐리어 기재를 제거하는 단계; 및

백필 층 및 상부 층을 실질적으로 그대로 남겨 두면서 희생 이형가능 층을 백필 층으로부터 제거하는 단계를 포함하는, 매립된 구조화된 층을 영구 수용체로 전사하기 위한 방법.

#### 청구항 3

양 표면 상에 라미네이션 전사 필름을 갖는 수용체 기재로서,

제1 표면 및 제1 표면 반대편의 제2 표면을 갖는 수용체 기재;

수용체 기재의 제1 표면에 배치된 제1 라미네이션 전사 필름; 및

수용체 기재의 제2 표면에 배치된 제2 라미네이션 전사 필름

을 포함하고,

제1 라미네이션 전사 필름은

평면 이형가능 표면을 갖는 제1 캐리어 기재;

제1 캐리어 기재의 평면 이형가능 표면에 배치된 제1 평면을 가지며 제1 표면 반대편의 제2 표면 - 여기서, 제2 표면은 비평면의 구조화된 표면을 포함함 - 을 갖는 제1 희생 템플릿 층; 및

수용체 기재의 제1 표면 및 제1 희생 템플릿 층의 제2 표면에 배치된 제1 열적으로 안정한 백필 층 - 여기서, 제1 백필 층은, 제1 희생 템플릿 층의 비평면의 구조화된 표면에 대응하며 그에 배치된 구조화된 표면을 가짐 - 을 포함하고,

제1 희생 템플릿 층은 제1 백필 층의 구조화된 표면을 실질적으로 그대로 남겨 두면서 제1 백필 층으로부터 제거될 수 있고;

제2 라미네이션 전사 필름은

평면 이형가능 표면을 갖는 제2 캐리어 기재;

제2 캐리어 기재의 평면 이형가능 표면에 배치된 제1 평면을 가지며 제1 표면 반대편의 제2 표면 - 여기서, 제2 표면은 비평면의 구조화된 표면을 포함함 - 을 갖는 제2 희생 템플릿 층; 및

수용체 기재의 제2 표면 및 제2 희생 템플릿 층의 제2 표면에 배치된 제2 열적으로 안정한 백필 층 - 여기서, 제2 백필 층은, 제2 희생 템플릿 층의 비평면의 구조화된 표면에 대응하며 그에 배치된 구조화된 표면을 가짐 - 을 포함하고,

제2 희생 템플릿 층은 제2 백필 층의 구조화된 표면을 실질적으로 그대로 남겨 두면서 제2 백필 층으로부터 제거될 수 있는, 양 표면 상에 라미네이션 전사 필름을 갖는 수용체 기재.

#### 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

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

## 발명의 설명

## 기술 분야

## 배경 기술

[0001] 유리 기재 상의 나노구조체(nanostructure) 및 미세구조체(microstructure)는 디스플레이, 조명, 및 태양광 장치에서의 다양한 응용을 위해 사용된다. 디스플레이 장치에서, 구조체는 광 추출 또는 광 분포(distribution)를 위해 사용될 수 있다. 조명 장치에서, 구조체는 광 추출, 광 분포, 및 장식 효과를 위해 사용될 수 있다. 광기전 장치에서, 구조체는 태양광 집광 및 반사방지를 위해 사용될 수 있다. 대형 유리 기재 상에 나노구조체 및 미세구조체를 패턴화하거나 또는 달리 형성하는 것은 어려울 수 있으며 비용 효과적이지 않을 수 있다. 따라서, 연속 캐리어 필름 상에 비용 효과적인 방식으로 나노구조체 및 미세구조체를 제작하고 이어서 이 필름을 사용하여 구조체를 유리 기재 또는 다른 영구 수용체(receptor) 기재 상에 전사하거나 달리 부여하는 데 대한 요구가 존재한다.

## 발명의 내용

[0002] 본 발명에 따른 제1 라미네이션 전사 필름(lamination transfer film)은 개방면(open face) 구조화된 층을 전사하는 데 사용될 수 있다. 이러한 전사 필름은, 이형가능 표면을 갖는 캐리어 기재, 캐리어 기재의 이형가능 표면에 적용되며 비평면의 구조화된 표면을 갖는 희생 템플릿 층(sacrificial template layer), 및 희생 템플릿 층의 비평면의 구조화된 표면에 적용된 열적으로 안정한 백필 층(backfill layer)을 포함한다. 희생 템플릿 층은, 백필 층의 구조화된 표면을 실질적으로 그대로 남겨 두면서, 백필 층으로부터 제거될 수 있다.

[0003] 본 발명에 따른 제2 라미네이션 전사 필름은 매립된 구조화된 층을 전사하는 데 사용될 수 있다. 이러한 전사 필름은, 이형가능 표면을 갖는 캐리어 기재, 캐리어 기재의 이형가능 표면에 적용된 희생 이형가능 층, 희생 이형가능 층에 적용된 상부 층, 및 상부 층에 적용되며 상부 층과의 사이에 구조화된 계면을 형성하는 백필 층을 포함한다. 희생 이형가능 층은, 백필 층과 상부 층을 실질적으로 그대로 남겨 두면서, 상부 층으로부터 제거될 수 있다.

[0004] 본 발명에 따른 제3 라미네이션 전사 필름은, 캐리어 기재를 사용하지 않고, 구조화된 층을 전사하는 데 사용될 수 있다. 이러한 전사 필름은, 비평면의 구조화된 표면을 갖는 희생 중합체 층 및 희생 중합체 층의 비평면의 구조화된 표면에 적용된 열적으로 안정한 백필 층을 포함한다. 백필 층은 희생 중합체 층의 비평면의 구조화된 표면에 대응하는 구조화된 표면을 갖는다. 희생 중합체 층은 백필 층의 구조화된 표면을 실질적으로 그대로 남겨 두면서 깨끗하게 베이킹 아웃(baked out)될 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0005]

첨부 도면은 본 명세서에 포함되어 그 일부를 구성하며, 상세한 설명과 함께 본 발명의 이점 및 원리를 설명한다.

도 1은 개방면 나노구조체를 수용체로 전사하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이고;

도 2는 라이너 또는 캐리어 기재 없이 나노구조체를 수용체로 전사하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이고;

도 3은 매립된 나노구조체를 수용체로 전사하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이고;

도 4는 유리 기재 상에 나노구조체를 갖는 하부 발광 AMOLED의 다이어그램이고;

도 5는 평탄화 층(planarizing layer) 상에 나노구조체를 갖는 하부 발광 AMOLED의 다이어그램이고;

도 6은 평탄화 층 상에 나노구조체를 갖는 상부 발광 AMOLED의 다이어그램이고;

도 7은 나노구조화된 레지스트 층을 수용체 기재로 전사한 다음 기재를 에칭하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이고;

도 8은 압출 복제(extrusion replication)를 통해 구조화된 라미네이션 전사 필름을 제조하는 방법의 다이어그램이고;

도 9a는 나노구조체를 갖는 하부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이고;

도 9b는 나노구조체를 갖는 하부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이고;

도 10은 나노구조체를 갖는 상부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이고;

도 11은 양측 주 표면 상에 라미네이션 전사 필름을 갖는 하부 발광 OLED 고체 조명 기체의 다이어그램이고;

도 12는 양측 주 표면 상에 구조체를 갖는 하부 발광 OLED 고체 조명 기체의 다이어그램이고;

도 13은 물 형태의 가요성 유리 라미네이션 기재 조립체의 다이어그램이고;

도 14는 양측 주 표면 상에 구조체를 갖는 가요성 유리 기체의 다이어그램이고;

도 15a는 유리 기재 상에 나노구조체를 갖는 상부 발광 AMOLED의 다이어그램이고;

도 15b는 유리 기재 상에 나노구조체를 갖는 상부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이고;

도 16은 실시예 2의 나노구조화된 유리 표면의 측단면 이미지이고;

도 17은 실시예 4의 나노구조화된 유리 표면의 측단면 이미지이고;

도 18은 실시예 5의 나노구조화된 유리 표면의 측단면 이미지이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006]

라미네이션 단계 및 베이킹 아웃 단계를 사용하여, 구조화된 고체 표면의 제작을 가능하게 하는, 구조화된 라미네이션 전사 필름 및 방법이 기재된다. 본 방법은, 구조화된 희생 층을 형성하기 위한 희생 필름, 층, 또는 코팅의 열가소성 복제 (고온 엠보싱), 열적으로 안정한 재료에 의한 희생 층의 실질적인 평탄화, 코팅된 필름의, 열적으로 안정한 수용체 기재에 대한 라미네이션, 및 희생 층의 열분해 또는 연소를 포함한다.

[0007]

도 1은 개방면 나노구조체를 수용체로 전사하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이다. 이러한 전사 필름은 이형가능 표면을 갖는 라이너(캐리어 기재; 10) 및 이형가능 표면 상의 희생 템플릿 층(12)을 포함한다. 필름을 엠보싱하여 희생 템플릿 층(12) 상에 구조화된 표면(14)을 생성한다 (단계 13). 백필 층(16)을 사용하여 희생 템플릿 층을 실질적으로 평탄화한다 (단계 15). 필름을 수용체 기재(18)에 라미네이팅하고 라이너(10)를 제거한다 (단계 17). 단계 17의 일부로서, 선택적인 접착 촉진 층(11)을 백필 층(16) 또는 수용체 기재(18)에 적용할 수 있다. 구조화된 표면(20)을 백필 층(16) 상에 실질적으로 그대로 그리고 구조화된 표면(14)에 대응하게 남겨 두고, 희생 템플릿 층(12)을 깨끗하게 베이킹 아웃하거나 또는 달리 제거할 수 있다 (단계 19). 이어서, 구조화된 층을 평탄화 층(22)으로 평탄화할 수 있다 (단계 21).

[0008]

도 2는 라이너 또는 캐리어 기재 없이 나노구조체를 수용체로 전사하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이다.

이러한 전사 필름은 희생 중합체 층(30)을 포함하며, 이는 구조화된 표면(34)을 형성하도록 복제된다(단계 31). 백필 층(36)을 사용하여 구조화된 표면(34)을 실질적으로 평탄화한다(단계 35). 필름을 수용체 기재(38)에 라미네이팅한다. 단계 37의 일부로서, 선택적인 접착 촉진 층(39)을 백필 층(36) 또는 수용체 기재(38)에 적용할 수 있다. 구조화된 표면(34)을 백필 층(36) 상에 실질적으로 그대로 남겨 두고, 희생 중합체 층(30)을 깨끗하게 베이킹 아웃한다(단계 37).

[0009] 도 3은 매립된 나노구조체를 수용체로 전사하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이다. 이러한 전사 필름은, 이형가능 표면을 갖는 라이너(캐리어 기재)(40) 및 이형가능 표면 상의 희생 이형가능 층(42)을 포함한다. 필름을, 구조화된 표면(46)을 갖는 상부 층(44)을 사용하여 복제한다(단계 43). 백필 층(48)을 사용하여 층(44)을 실질적으로 평탄화한다(단계 47). 단계 47의 일부로서, 선택적인 접착 촉진 층(50)을 백필 층(48) 또는 수용체 기재(52)에 적용할 수 있다. 필름을 수용체 기재(52)에 라미네이팅하고 라이너(40)를 제거하여, 희생 이형가능 층(42)의 응집 파괴 또는 계면 파괴를 야기한다(단계 51). 구조화된 표면(46)을 상부 층(44)과 백필 층(48) 사이에 실질적으로 그대로 남겨 두고, 상부 층(44) 상의 희생 이형가능 층(42)의 나머지 부분을 깨끗하게 베이킹 아웃하거나 또는 달리 제거할 수 있다(단계 53).

[0010] 도 1 내지 도 3에 나타난 전사 필름을 사용하여 나노구조체를 능동형 OLED (AMOLED) 백플레인(backplane) 또는 OLED 고체 조명 요소 기재 상에 전사할 수 있다. 이러한 나노구조체는 OLED 장치로부터의 광 추출을 향상시킬 수 있거나, 장치의 광 분포 패턴을 변경할 수 있거나, 또는 둘 모두가 가능하다.

[0011] 도 4는 유리 기재 상에 나노구조체를 갖는 하부 발광 AMOLED의 일부의 다이어그램이다. 도 4에서 AMOLED는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 상부 전극(58); OLED 층(59); 픽셀 한정 층(60); 하부 전극(62); 비아(via; 64); 고굴절률의 픽셀 회로 평탄화 층(66); 고굴절률의 구조화된 평탄화 층(68); 저굴절률의 구조화된 층(70); 픽셀 회로(72); 및 지지체(74), 예를 들어 유리를 포함한다. 구조화된 층(70 및, 선택적으로, 68)을, AMOLED 백플레인의 제작 동안, 상기에 기재된 전사 필름 중 하나를 사용하여 전사할 수 있다. 층(66)은 나노입자 충전된 재료 - 나노입자는 층(66)의 굴절률을 증가시키는데 사용됨 - 에 의해 구현될 수 있다. 고굴절률 무기 재료 (예를 들어, 크기가 4 nm 내지 20 nm인 비-산란 나노입자)로 충전된 중합체의 예는 미국 특허 제 6,329,058호에 기재되어 있다. 그러한 나노입자 충전된 재료를 사용함으로써, 층(66)은, 예를 들어, 1.7 초파의 굴절률, 또는 본 명세서에 기재된 예시적인 범위 이내의 굴절률을 가질 수 있다.

[0012] 도 5는 평탄화 층 상에 나노구조체를 갖는 하부 발광 AMOLED의 일부의 다이어그램이다. 도 5에서 AMOLED는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 상부 전극(78); OLED 층(79); 픽셀 한정 층(80); 하부 전극(82); 고굴절률의 나노구조화된 평탄화 층(84); 저굴절률의 나노구조화된 층(86); 비아(88); 픽셀 회로 평탄화 층(90); 픽셀 회로(92); 및 지지체(94), 예를 들어 유리를 포함한다. 나노구조화된 층(86 및, 선택적으로 84)은, AMOLED 백플레인의 제작 동안, 상기에 기재된 전사 필름 중 하나를 사용하여 전사될 수 있다. 전극(82)을 위해 사용되는 재료가 나노구조화된 층(86)을 평탄화하는 데 사용될 수 있다는 점에서, 평탄화 층(84)은 선택적이다.

[0013] 도 6은 평탄화 층 상에 나노구조체를 갖는 상부 발광 AMOLED의 일부의 다이어그램이다. 도 6에서 AMOLED는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 투명 상부 전극(98); OLED 층(99); 픽셀 한정 층(100); 반사 하부 전극(102); 나노구조화된 층(104); 비아(106); 평탄화 층(108); 픽셀 회로(110); 및 지지체(112), 예를 들어 유리를 포함한다. 나노구조화된 층(104)은, AMOLED 백플레인의 제작 동안, 상기에 기재된 전사 필름 중 하나를 사용하여 전사될 수 있다.

[0014] 도 7은 나노구조화된 레지스트 층을 수용체 기재로 전사한 다음 기재를 에칭하는 전사 필름 및 방법의 다이어그램이다. 이러한 전사 필름은 이형가능 표면을 갖는 라이너(캐리어 기재)(114) 및 이형가능 표면 상의 희생 템플릿 층(116)을 포함한다. 필름을 엠보싱하여 희생 템플릿 층(116) 상에 구조화된 표면(118)을 생성한다(단계 115). 백필 층(120)을 사용하여 희생 템플릿 층을 평탄화한다(단계 117). 필름을 수용체 기재(124)에 라미네이팅하고 라이너(114)를 제거한다(단계 119). 단계 119의 일부로서, 선택적인 접착 촉진 층(122)을 백필 층(120) 또는 수용체 기재(124)에 적용할 수 있다. 구조화된 표면을 백필 층(120) 상에 실질적으로 그대로 그리고 구조화된 표면(118)에 대응하게 남겨 두고, 희생 템플릿 층(116)을 깨끗하게 베이킹 아웃하거나 또는 달리 제거할 수 있다(단계 121). 브레이크스루 에칭(breakthrough etch) 공정을 수행하여 구조체들 사이의 영역(126)에서 백필 층(120)의 부분을 제거한다(단계 123). 이어서, 수용체 기재 에칭 공정을 수행하여, 수용체 기재(124) 상의 구조화된 표면(128)을 얻는다(단계 125). 구조화된 수용체 기재 상의 잔류 레지스트를 제거하는 선택적인 스트립 단계는 도시되어 있지 않다.

[0015] 도 8은 압출 복제를 통한, 구조화된 라미네이션 전사 필름의 제조 방법의 다이어그램이다. 이 방법에서, 압출



다이(130)는 공급 튜브(132)를 통해 캐리어 기재(라이너) 재료를 입수하고, 공급 튜브(134)를 통해 희생 템플릿 재료를 입수한다. 압출된 재료는 캐리어 기재 층(142) 및 희생 템플릿 층(144)을 포함한다. 압출된 층을, 희생 템플릿 층(144)에 구조체를 부여하는 툴링 롤(tooling roll; 138)과 님 롤(nip roll; 136) 사이에 공급한다. 스트립 오프 롤(strip off roll; 140)을 사용하여 전사 필름을 툴링 롤(138)로부터 떼어낸다. 공압출 방법이 미국 특허 제7,604,381호에 기재되어 있다.

[0016] 도 9a는 나노구조체를 갖는 하부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이다. 도 9에서 OLED 장치는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 상부 반사 전극(143); OLED 층(145); 픽셀 한정 층(146); 투명 하부 전극(148); 평탄화 층(150); 구조화된 백필 층(152); 및 기재(154), 예를 들어, 유리를 포함한다. 구조화된 백필 층(152)은, OLED 장치의 제작 동안, 상기에 기재된 전사 필름 중 하나를 사용하여 전사될 수 있다. 투명 전극(148)은, 예를 들어, ITO에 의해 구현될 수 있다. 도 9b에 나타난 바와 같이, ITO 재료가 백필 층(152)을 평탄화하는 데 사용될 수 있다는 점에서, 평탄화 층(150)은 선택적이다.

[0017] 도 10은 나노구조체를 갖는 상부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이다. 도 10에서 OLED 장치는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 투명 상부 전극(155); OLED 층(157); 전극 한정 층(156); 하부 반사 전극(159); 나노구조화된 층(158); 및 기재(160), 예를 들어, 유리를 포함한다. 나노구조화된 층(158)은, OLED 장치의 제작 동안, 상기에 기재된 전사 필름 중 하나를 사용하여 전사될 수 있다.

[0018] 도 11은 양측 주 표면 상에 라미네이션 전사 필름을 갖는 하부 발광 OLED 고체 조명 기재의 다이어그램이다. 도 11에서 전사 필름을 갖는 OLED 장치는, 한쪽 면 상에 제1 라미네이트(162)를 갖고 반대쪽 면 상에 선택적인 제2 라미네이트(164)를 갖는 기재(172), 예를 들어 유리를 포함한다. 제1 라미네이트(162)는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 캐리어 필름(166); 희생 템플릿 층(168); 및 백필 층(170)을 포함한다. 제2 라미네이트(164)는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 캐리어 필름(178); 희생 템플릿 층(176); 및 백필 층(174)을 포함한다.

[0019] 도 12는, 캐리어 필름(166, 178)을 희생 템플릿 층(168, 176)과 함께 제거한 후, 양측 주 표면 상에 구조체를 갖는, 도 11의 하부 발광 OLED 고체 조명 기재의 다이어그램이다. 이들 층은 상기에 기재된 방법을 사용하여 제거될 수 있다. 희생 템플릿 층(168)의 제거 후에, 평탄화 층(180)을 백필 층(170) 위에 적용할 수 있다.

[0020] 도 13은 롤 형태의 가요성 유리 라미네이션 기재 조립체(182)의 다이어그램이다. 조립체(182)는, 한쪽 면 상에 제1 라미네이트(184)를 갖고 반대쪽 면 상에 선택적인 제2 라미네이트(186)를 갖는 가요성 기재(194), 예를 들어, 가요성 유리를 포함한다. 제1 라미네이트(184)는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 캐리어 필름(188); 희생 템플릿 층(190); 및 백필 층(192)을 포함한다. 제2 라미네이트(186)는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 캐리어 필름(200); 희생 템플릿 층(198); 및 백필 층(196)을 포함한다.

[0021] 도 14는 양측 주 표면 상에 구조체를 갖는 가요성 유리 기재 조립체(202)의 다이어그램이다. 조립체(202)는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 평탄화 층(204); 백필 층(206); 가요성 기재(208), 예를 들어, 가요성 유리; 및 백필 층(210)을 포함한다. 조립체(202)는, 예를 들어, 상기에 기재된 방법을 사용하여 도 13의 라미네이션 조립체(182)의 캐리어 필름 및 희생 템플릿 층을 제거한 다음, 평탄화 층(204)을 적용하고, 이어서 조립체를 롤 형태로 되돌림으로써 생성할 수 있다.

[0022] 도 11 내지 도 14에 나타난 기재 및 조립체는 오직 내부 구조체만 포함하거나, 오직 외부 구조체만 포함하거나, 또는 내부 및 외부 구조체 둘 모두를 포함할 수 있다.

[0023] 도 15a는 유리 기재 상에 나노구조체를 갖는 상부 발광 AMOLED의 다이어그램이다. 유리 상의 그러한 나노구조체는, 백플레인, OLED 제작 및 캐소드 침착 공정이 완료된 후에, 고굴절률을 갖는 커플링 접착체를 통해 상부 발광 AMOLED 상에 적용된다. 도 15a에서 OLED 장치는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 배리어 기재(210), 예를 들어 유리; 백필 층(212); 선택적인 평탄화 층(214); 광학 커플링 층(216); 투명한 상부 전극(218); OLED 층(220); 픽셀 한정 층(222); 반사 하부 전극(224); 비아(226); 평탄화 층(228); 픽셀 회로(230); 및 지지 기재(232), 예를 들어 유리를 포함한다.

[0024] 도 15b는 유리 기재 상에 나노구조체를 갖는 상부 발광 OLED 고체 조명 장치의 다이어그램이다. 도 15b에서 OLED 장치는 도시된 바와 같이 배열된 하기 구성 요소들: 배리어 기재(234), 예를 들어 유리; 백필 층(236); 선택적인 평탄화 층(238); 광학 커플링 층(240); 투명 상부 전극(242); OLED 층(244); 전극 한정 층(246); 반사 하부 전극(248); 및 지지 기재(250), 예를 들어 유리를 포함한다.

[0025] AMOLED 및 OLED 조명 디스플레이 및 요소에서, 각각의 광학적으로 투명한 층의 위치 및 굴절률은 장치의 성능을

최적화하도록 조정된다. 내부 추출 구조체는, 구조체 아래의 하나 이상의 층이 구조화된 백필 층의 굴절률에 굴절률 정합되는 굴절률을 갖고, 구조체 위의 하나 이상의 층이 구조화된 평탄화 층의 굴절률에 정합되는 굴절률을 갖도록 장치 스택 내에 위치된다.

[0026] 도 4 및 도 5는 AMOLED 백플레인 내의 내부 추출 구조체에 대해 가능한 2가지 위치를 나타낸다. 도 4에서, 백필 층(70)은 유리 기재(74) 위에 위치된다. 백필 층의 굴절률은 유리 기재의 굴절률에 굴절률 정합된다. 평탄화 층(68)은 픽셀 회로 평탄화 층(66) 및 하부 전극(62) 아래에 위치된다. 평탄화 층(68), 픽셀 회로 평탄화 층(66), 및 하부 전극(62)의 굴절률은 모두 유사하다. 도 5에서, 백필 층은 픽셀 회로 평탄화 층(90) 위에 위치된다. 백필 층(86)의 굴절률은 픽셀 회로 평탄화 층(90)의 굴절률에 굴절률 정합된다. 평탄화 층(84)은 하부 전극(82) 아래에 위치된다. 평탄화 층(84)의 굴절률은 하부 전극(82)의 굴절률보다 작거나 같다.

[0027] 상부 발광 구조의 AMOLED는 장치의 하부에서 금속 전극에서의 표면 플라즈몬에 기인하는 추가적인 손실 메커니즘을 갖는다. 손실은 금속 전극의 주름(corrugation)에 의해 완화될 수 있다 (문헌[S.-Y. Nien, et al., Appl. Phys. Lett. 93, 2009, 103304]). 도 6은 매끄러운, 정현파 곡선 프로파일을 갖는 나노주름형 캐소드(nanocorrugated cathode)를 사용하여 효율을 개선하도록 설계된 상부 발광 AMOLED 백플레인을 나타낸다. 나노구조체는 본 명세서에 기재된 라미네이션 전사 공정을 사용하여 생성된다. 개방면 나노구조체(104)가 픽셀 회로 평탄화 층(108) 위에 위치된다. 얇은 금속 전극(102)이 (예를 들어, 진공 증발을 통해) 개방면 나노구조체(104) 상에 부합하게 침착된다. 이러한 접근법은 또한 상부 발광 OLED 고체 조명 요소에 적용될 수 있다. 도 6은 하부 전극 밑에 주름형 구조체를 갖는 그러한 요소를 나타낸다. 완전 상부 발광 OLED 또는 AMOLED의 경우, 주름형 나노구조체는 불투명할 수 있다. 부분 상부 발광 OLED 또는 AMOLED의 경우, 나노구조체는 발광 파장에서 실질적으로 투명하여야 한다.

[0028] OLED 내부 추출 구조체의 다른 용도는 장치의 광 분포 패턴을 제어하거나 변경하는 것이다. OLED 광학 스택에서 미세공동(microcavity)이 결여된 OLED는, 반구체 위에 균일하게 분포되고 매끄러운 광 분포 패턴을 갖는 램버시안 이미터(Lambertian emitter)일 수 있다. 구매 가능한 AMOLED 디스플레이의 광 분포 패턴은 보통 광학 스택에서 미세공동의 특징을 나타낸다. 이들 특징에는 더 좁고 덜 균일한 각방향 광 분포 및 현저한 각방향 색 변화(color variation)가 포함된다. OLED 디스플레이의 경우, 본 명세서에 기재된 방법을 사용하여 나노구조체로 광 분포를 맞춤화하는 것이 바람직할 수 있다. 나노구조체는 광 추출을 개선하거나, 방출되는 광을 재분포시키거나, 또는 둘 모두를 위해 기능할 수 있다.

[0029] 구조체는 또한 내부 전반사 모드로 기재 내에 포획된 공기 내로 광을 추출하기 위해 OLED 기재의 외부 표면 상에서 유용할 수 있다. 외부 추출 구조체는 미세렌즈 어레이, 미세프레넬(microfresnel) 어레이, 또는 다른 굴절성, 회절성 또는 하이브리드 광학 요소일 수 있다.

[0030] AMOLED 응용에서는, 전사된 나노구조화된 층의 광학적 특징 및 나노구조체와 계면을 이루며 AMOLED 광학 유도 모드(optical guided mode)에 대한 나노구조체의 광학 커플링을 제공하는 층(들)의 광학적 특징이 중요하다. 재료들은, 관심 스펙트럼 범위에 걸친 그들의 각각의 굴절률 ( $n_1$ ,  $n_2$ ), 투과 스펙트럼, 및 광 산란 특징이 원하는 광학 효과를 제공하도록 선택될 필요가 있다. 예를 들어, 나노구조체 및 나노구조체와 계면을 이루는 모든 층 및 AMOLED는 광학적으로 투명한 것 ( $\%T > 90$ )이 바람직할 수 있다. 굴절률  $n_1$  및  $n_2$ 는 원하는 광학 효과를 생성하도록 실질적으로 상이한 것이 또한 요구될 수 있다. 예를 들어, 굴절률 부정합 ( $n_1$ 과  $n_2$  사이의 차이,  $\Delta n$ 으로 지칭됨)은 바람직하게는 0.3, 0.4, 0.5, 또는 1.0 이상이다. 광 추출을 향상시키기 위해 굴절률 부정합이 사용되는 경우, 미국 특허 제8,179,034호에 기재된 바와 같이, 더 큰 부정합은 더 큰 광 추출을 제공하는 경향이 있으며 따라서 바람직하다.

[0031] 일례로, 전사된 나노구조체의 굴절률  $n_1$ 은 나노구조체가 적용되는 기재의 굴절률에 굴절률 정합할 수 있지만 ( $n_1 \approx 1.5$ ), 나노구조체와 계면을 이루며 나노구조체를 OLED 스택에 커플링시키는 층들의 굴절률은 OLED 스택 재료에 의해 전형적으로 나타나는 굴절률 값의 범위이다 ( $n_2 \approx 1.7-2.0$ ).

[0032] 다른 예에서,  $\Delta n$ 의 값은 특정 응용을 위해 고려되고 설계될 수 있으며  $\Delta n$ 은 바람직하게는 0.1 내지 1.5의 범위이다.

[0033] 또 다른 예에서,  $n_2$ 에 대한  $n_1$ 의 비 ( $n_1/n_2$ )의 값은 특정 응용을 위해 고려되고 설계될 수 있으며  $n_1/n_2$ 는 바람직하게는 1.05 내지 1.9의 범위이다.

- [0034] 용어 "굴절률 정합"은, 원하는 응용에 따라,  $\Delta n$ 이 바람직하게는 0.1 미만, 또는 0.01 또는 0.001 미만임을 의미한다.
- [0035] 더욱이, 전사된 층은 광학적, 기계적, 또는 물리적 기능을 제공할 수 있다. 예를 들어, 전사된 층은 유리 또는 웨이퍼 수용체 기재를 직접 에칭하는 공정에서 물리적 레지스트 또는 반응성 이온 에칭 마스크로서 작용할 수 있다. 이러한 경우에는, 라미네이션 전사 공정 후에, 하기에 기재된 바와 같이, 잔류 층 ("랜드"(land)로도 불림)을 제거하는 브레이크스루 에칭 및 유리의 습식 화학 에칭 또는 건식 에칭이 이어진다.
- [0036] 전형적인 습식 화학 에칭 공정에서는, 패턴화된 포토레지스트를 갖는 기재를, 기재를 선별적으로 분해하는 화학 물질 중에 침지한다. 규소-함유 기재 상에서, 이러한 화학 물질은 보통 암모늄 플루오라이드 ( $\text{NH}_4\text{F}$ )로 완충된 플루오르화수소산 ( $\text{HF}$ )인데, 고도로 반응성인 플루오라이드 이온이, 포토레지스트로서 전형적으로 사용되는 중합체보다 규소를 더 빨리 분해하기 때문이다. 에칭하고 포토레지스트를 황산으로 제거한 후에, 기재 상에는 패턴화된 포토레지스트의 역상 복제품이 남겨진다.
- [0037] 표준 건식 에칭 공정에서는, 반응성 이온 에칭(RIE)으로 공지된 공정에서 전자기장을 사용하여 고에너지 이온 플라즈마를 기재를 향해 가속시킨다. 고에너지 이온은 중합체 필름을 화학적으로 반응시키고 휘발시킬 수 있으며, 또한 그의 운동 에너지를 전달하여 스퍼터링 메커니즘을 통해 재료를 물리적으로 제거할 수 있다. RIE 공정은 RIE에서의 이온 충격의 방향성으로 인해 습식 화학 에칭제보다 더 이방성인 에칭 프로파일을 생성한다.
- [0038] 산소 플라즈마 RIE 공정에서의 중합체의 에칭 속도는 결정적으로 중합체 내의 탄소 및 산소 함량에 따라 좌우된다. 소위 "오니시(Ohnishi) 파라미터"는,  $R_{\text{에칭}} \propto N/N_c - N_0$  (여기서,  $N$ 은 단량체 단위 내의 원자의 총 개수이고,  $N_c$ 는 단량체 내의 탄소 원자의 개수이고,  $N_0$ 는 단량체 내의 산소 원자의 개수임)으로 주어지는 바와 같이, 에칭 속도 ( $R_{\text{에칭}}$ )를 정량화한다. 그러므로, 일반적으로 말해, 산소 플라즈마 RIE 하에서, 탄소 함량이 높은 포토레지스트는 산소 함량이 높은 레지스트보다 더 우수한 에칭 마스크로서 작용한다. 높은 오니시 파라미터를 갖는 라미네이션 전사 나노구조체가 건식 에칭 패턴화 공정에 바람직할 것이다.
- [0039] 일반적으로 말해, 오니시 파라미터가 낮을수록, 내에칭성이 더 높다. 예를 들어, 폴리(하이드록시-스티렌)과 같은 고 탄소 함량 중합체는  $R_{\text{에칭}}$ 이 약 2.5인 반면, 폴리(메틸메타크릴레이트)와 같은 산소-함유 중합체는  $R_{\text{에칭}}$  값이 약 5.0이다. 패턴 에칭 마스크 재료의 생성을 위해서는 2.5 미만의  $R_{\text{에칭}}$  값이 매우 바람직하다. 폴리(하이드록시스티렌)에 존재하는 탄소 고리 구조체가 또한 그의 높은 내에칭성에 기여한다.
- [0040] 패턴화된 전사 층에 규소 및 철과 같은 다른 원소를 포함시키는 것이 또한 가능한데, 이는 산소 플라즈마 RIE에 노출될 때 그들의 각각의 산화물로 변환될 수 있다. 산화물 층의 형성 후, 그의 에칭 속도는 이온 스퍼터링에 의한 산화물 성장과 산화물 제거 사이의 경쟁에 의해 결정된다. 산소 플라즈마 하에서 이러한 산화물은 전형적인 유기 중합체보다 40배만큼 더 천천히 에칭될 수 있다. 규소-함유 기재를 에칭하기 위하여,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{CF}_4$ , 또는  $\text{CHF}_3/\text{Ar}$ 과 같은 플루오르화된 가스에 의한 RIE 에칭이 전형적으로 사용되며, 이는 흔히 기재 및 산화물-함유 레지스트 둘 모두를 거의 동일한 속도로 분해한다. 이는 에칭 깊이 및 기재에서의 고-중형비 패턴화된 특징부의 후속적인 생성을 제한한다. 그러므로, 고-중형비 규소-함유 재료를 침착하는 순위한 방법이, 건식 에칭 공정을 사용하는 패턴 전사에 매우 바람직할 수 있다.
- [0041] 라미네이션 전사 공정을 사용하여, 나노구조화된 회생 템플릿 층 안쪽의 평탄화된 백필을 리소그래픽 에칭 마스크로서 사용하는 것이 가능하다. 회생 템플릿 층은 산소 플라즈마 하에서 백필 층보다 훨씬 더 빠르게 에칭되는데, 대부분의 열가소성 물질이 높은 오니시 파라미터를 갖는 유기 중합체이기 때문이다. 실시예에서 확인된 폴리프로필렌 카르보네이트계 재료는 오니시 파라미터가 예를 들어 약 13이며, 대응하는 백필은 유리-유사 재료일 수 있다. 따라서, 일단 라미네이션 전사가 완료되면, 산소 플라즈마를 사용하는 건식 에칭 공정에 의해 회생 중합체 템플릿을 깨끗하게 제거할 수 있다. 규소-함유 에칭 마스크는 이러한 공정에 의해 크게 영향을 받지 않는 채로 유지되거나 또는 규소 산화물로 변환될 것이다. 마지막으로, 원한다면, 모든 회생 중합체가 제거된 후에, 동일하거나 상이한 에칭 가스 화학을 사용하여 에칭 공정을 계속함으로써 기재에 패턴을 생성할 수 있다. 전사된 규소-함유 에칭 마스크 전부가 파괴될 때까지 기재로의 패턴 전사를 계속하여 고-중형비 나노구조체를 생성할 수 있다. 기재에 에칭된 패턴은 원래의 나노구조화된 회생 템플릿 층의 패턴과 동등할 것이다.
- [0042] 라미네이션 전사 필름의 응용
- [0043] 본 명세서에 기재된 라미네이션 전사 필름은 다양한 목적을 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 라미네이션 전사

필름은 상기에 기재된 바와 같은 OLED 장치에서 구조화된 층을 전사하는 데 사용될 수 있다.

- [0044] 라미네이션 전사 필름의 다른 예시적인 응용은, 미세프레넬 렌즈를 포함하는 자유 공간 디지털 광학 요소, 회절 광학 요소, 홀로그래픽 광학 요소, 및 문헌[Chapter 2 of B.C. Kress, P. Meyrueis, Applied Digital Optics, Wiley, 2009]에 기재된 다른 디지털 광학품을, 디스플레이 유리, 광기전 유리 요소, LED 웨이퍼, 규소 웨이퍼, 사파이어 웨이퍼, 건축용 유리, 또는 다른 고온 안정성 기재 - 희생 층을 제거하는 데 필요한 온도 범위에 걸쳐 그 기재가 안정함을 의미함 - 의 내부 또는 외부 표면 중 어느 하나 상에 패터닝하기 위한 것이다.
- [0045] 라미네이션 전사 필름은 또한 유리 표면 상에 장식 효과를 생성하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 장식용 크리스탈 패킷(crystal facet)의 표면에 무지개빛(iridescence)을 부여하는 데 바람직할 수 있다. 특히, 유리 구조체는 기능적 응용 및 장식적 응용 둘 모두에, 예를 들어, 차량용 유리, 건축용 유리, 유리 식기, 공예품, 디스플레이 사이니지(display signage), 식기, 및 보석류 또는 다른 액세서리에 사용될 수 있다. 또한, 이들 유리 구조체 위에 코팅이 적용될 수 있다. 이러한 선택적인 코팅은, 유리 구조체 특성에 악영향을 주는 것을 피하기 위해 비교적 얇을 수 있다. 그러한 코팅의 예에는 친수성 코팅, 소수성 코팅, 보호 코팅, 반사방지 코팅 등이 포함된다.
- [0046] 재료
- [0047] 4가지 주요 부류의 재료: 캐리어 필름, 수용체 기재, 굴절률 조정가능한, 열적으로 안정한 백필 및 평탄화 재료, 및 낮은 회분(ash)으로 분해되는 열가소성 또는 광활성 중합체인 희생 재료가 고체 광학 표면의 패터닝을 위한 구조화된 전사 필름의 제작을 위해 필요하다.
- [0048] 캐리어 필름
- [0049] 라이너 또는 캐리어 기재는, 다른 층에 대한 기계적 지지를 제공하는 열적으로 안정한 가요성 필름에 의해 구현될 수 있다. 라이너는 이형가능 표면을 가지며, 이는 라이너가 이형가능 표면에 적용된 재료의 이형을 허용함을 의미한다. 캐리어 기재는, 희생 층 또는 백필 층 중 어느 것에도 악영향을 주지 않으면서, 70℃ 초과, 또는 대안적으로 120℃ 초과에서 열적으로 안정하여야 한다. 캐리어 필름의 일례는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)이다.
- [0050] 수용체 기재
- [0051] 수용체 기재의 예에는 디스플레이용 원판 유리(mother glass), 조명용 원판 유리, 건축용 유리, 롤 유리, 및 가요성 유리와 같은 유리가 포함된다. 가요성 롤 유리의 예는 코닝 인코포레이티드(Corning Incorporated)로부터의 윌로우(WILLOW) 유리 제품이다. 수용체 기재의 다른 예에는 금속 시트 및 포일과 같은 금속이 포함된다. 수용체 기재의 또 다른 예에는 사파이어, 규소, 실리카, 및 탄화규소가 포함된다.
- [0052] 수용체 기재의 다른 예에는 지지 웨이퍼 상의 반도체 재료가 포함된다. 이러한 수용체 기재의 치수는 반도체 웨이퍼 마스터 템플릿의 치수를 초과한다. 최근, 생산 중인 최대 웨이퍼는 직경이 300 mm이다. 본 명세서에 기재된 방법을 사용하여 생성되는 라미네이션 전사 필름은 1000 mm 초과와 측면 치수 및 수백 미터의 롤 길이로 제조될 수 있다. 롤-투-롤 공정과 원통형 마스터 템플릿을 조합해 사용함으로써 큰 치수가 가능하다. 이러한 치수를 갖는 필름은 대형 디지털 디스플레이 (예를 들어, 52 인치 폭 × 31.4 인치 높이의 치수를 갖는, 대각선이 55 인치인 AMOLED HDTV) 전체 위에 나노구조체를 부여하는 데 사용될 수 있다.
- [0053] 선택적으로 수용체 기재는 라미네이션 전사 필름이 적용되는 수용체 기재의 면 상에 버퍼 층을 포함할 수 있다. 버퍼 층의 예는 미국 특허 제6,396,079호에 기재되어 있다. 버퍼 층의 한 유형은 문헌[K. Kondoh et al., J. of Non-Crystalline Solids 178 (1994) 189-98] 및 문헌[T-K. Kim et al., Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 448 (1997) 419-23]에 기재된 바와 같은, SiO<sub>2</sub>의 얇은 층이다.
- [0054] 본 명세서에 기재된 전사 공정의 특별한 이점은, 디스플레이용 원판 유리 또는 건축용 유리와 같이, 큰 표면을 갖는 수용체 표면에 구조체를 부여할 수 있다는 점이다. 이러한 수용체 기재의 치수는 반도체 웨이퍼 마스터 템플릿의 치수를 초과한다. 롤-투-롤 공정과 원통형 마스터 템플릿을 조합해 사용함으로써 라미네이션 전사 필름의 큰 치수가 가능하다.
- [0055] 희생 재료
- [0056] 희생 층은, 구조화된 표면을 포함하는 인접 층을 실질적으로 그대로 남겨 두면서, 베이킹 아웃할 수 있거나 또는 달리 제거할 수 있는 재료이다. 인접 층에는, 예를 들어, 구조화된 표면을 갖는 백필 층, 또는 구조화된 표



면들 사이에 갖는 2개의 층이 포함된다. 희생 층에는, 전사 필름의 구성에 따라, 예를 들어, 희생 템플릿 층, 희생 이형가능 층, 희생 중합체 층, 또는 희생 분리 층이 포함된다.

[0057] 희생 층의 구조화된 표면은, 예를 들어, 엠보싱, 복제 공정, 압출, 캐스팅, 또는 표면 구조화를 통해 형성될 수 있다. 구조화된 표면은 나노구조체, 미세구조체, 또는 계층형(hierarchical) 구조체를 포함할 수 있다. 나노구조체는 적어도 하나의 치수 (예를 들어, 높이, 폭, 또는 길이)가 2 마이크로미터 이하인 특징부를 포함한다. 미세구조체는 적어도 하나의 치수 (예를 들어, 높이, 폭, 또는 길이)가 1 밀리미터 이하인 특징부를 포함한다. 계층형 구조체는 나노구조체와 미세구조체의 조합이다.

[0058] 희생 층 (희생 템플릿 층, 희생 이형가능 층, 희생 중합체 층, 또는 희생 분리 층)을 위해 사용될 수 있는 재료에는, 폴리비닐 알코올(PVA), 에틸셀룰로오스, 메틸셀룰로오스, 폴리노르보르넨, 폴리(메틸메타크릴레이트)(PMMA), 폴리(비닐부티랄), 폴리(사이클로헥센 카르보네이트), 폴리(사이클로헥센 프로필렌) 카르보네이트, 폴리(에틸렌 카르보네이트) 폴리(프로필렌 카르보네이트) 및 기타 지방족 폴리카르보네이트, 및 문헌[chapter 2, section 2.4 "Binders" of R.E. Mistler, E.R. Twine, Tape Casting: Theory and Practice, American Ceramic Society, 2000]에 기재된 기타 재료가 포함된다. 이들 재료에 대한 다수의 상업적 공급처가 있으며, 그 중 몇몇이 하기 표 1에 포함되어 있다. 이들 재료는 전형적으로 열분해 또는 연소를 통한 열적 분해 또는 용해를 통해 제거하기가 용이하다. 가열은 전형적으로 다수의 제조 공정의 일부이며 따라서 희생 재료의 제거는 기존의 가열 단계 동안 달성될 수 있다. 이러한 이유로, 열분해 또는 연소를 통한 열적 분해가 더욱 바람직한 제거 방법이다.

[0059] 희생 재료에 바람직한 몇몇 특성이 있다. 이러한 재료는 압출, 나이프 코팅, 용매 코팅, 캐스트 및 경화, 또는 다른 전형적인 코팅 방법을 통해 기재 상에 코팅될 수 있어야 한다. 재료는, 실온에서는 고체이지만, 가열된 도구에 의해 엠보싱되게 하기에 충분히 낮은  $T_g$ 를 갖는 것이 바람직하다. 따라서, 희생 재료는  $T_g$ 가 25°C 초과인 것이 바람직하고, 40°C 초과인 것이 더욱 바람직하고, 90°C 초과인 것이 가장 바람직하다. 희생 재료가 엠보싱될 수 있다는 것이 또한 바람직한 재료 특성이다.

[0060] 희생 재료를 위해 요구되는 다른 재료 특성은 그의 분해 온도가 백필 재료(들)의 경화 온도 초과여야 한다는 점이다. 일단 백필 재료가 경화되면, 구조체가 영구적으로 형성되고 상기에 열거된 방법 중 어느 하나를 통해 희생 템플릿 층이 제거될 수 있다. 낮은 회분으로 또는 낮은 총 잔류물로 열적으로 분해되는 재료가, 더 높은 잔류물을 갖는 재료에 비해 바람직하다. 기재 상에 남겨진 잔류물은 최종 생성물의 투명성 또는 색과 같은 광학 특성에 악영향을 줄 수 있다. 최종 생성물에서의 이들 특성의 임의의 변화를 최소화하는 것이 바람직하기 때문에, 1000 ppm 미만의 잔류물 수준이 바람직하다. 500 ppm 미만의 잔류물 수준이 더욱 바람직하며 50 ppm 미만의 잔류물 수준이 가장 바람직하다.

[0061] 용어 "깨끗하게 베이킹 아웃된"은, 상당량의 잔류 물질, 예를 들어, 회분을 남기지 않고서도 희생 층을 열분해 또는 연소에 의해 제거할 수 있음을 의미한다. 바람직한 잔류물 수준의 예가 상기에 제공되어 있지만, 특정 응용에 따라 상이한 잔류물 수준이 사용될 수 있다.

[0062] [표 1]

희생 재료

재료명 또는 상표명	유형	입수가능한 공급처
에토셀(Ethocel)	에틸셀룰로오스	다우 케미칼(Dow Chemical; 미국 미시간주 미들랜드 소재)
파이버리스(Fiberlease) P.V.A	폴리비닐 알코올	파이버레이 인크(Fiberlay Inc; 미국 위싱턴주 시애틀 소재)
파트알 필름 (Partall Film) #10	폴리비닐 알코올	렉스코(Rexco; 미국 조지아주 코너이스 소재)
ASR 시리즈	폴리노르보르넨	프로메러스(Promerus; 미국 오하이오주 클리브랜드 소재)
노보머(Novomer) PPC	폴리프로필렌 카르보네이트	노보머 인크(Novomer Inc; 미국 뉴욕주 이타카 소재)
QPAC 시리즈	지방족 폴리카르보네이트	엠폰워 머티어리얼스(Empower Materials; 미국 델라웨어주 뉴캐슬 소재)

[0063]

**[0064]** 백필 및 평탄화 재료

**[0065]** 백필 층은 인접 층(예를 들어, 희생 층)을 실질적으로 평탄화할 수 있으면서, 인접 층의 구조화된 표면에 또한 부합(conforming)할 수 있는 재료이다. 대안적으로 백필 층은 2가지 상이한 재료의 이중 층일 수 있는데, 이중 층은 다층 구조를 갖거나, 또는 재료 중 하나가 다른 재료 내에 적어도 부분적으로 매립된다. 이중 층을 위한 2가지 재료는 선택적으로 상이한 굴절률을 가질 수 있다. 이중 층 중 하나는 선택적으로 접착 촉진 층을 포함할 수 있다.

**[0066]** 실질적인 평탄화는, 하기 식 1에 의해 정의되는 바와 같은, 평탄화의 양(P%)이 바람직하게는 50% 초과, 더욱 바람직하게는 75% 초과, 및 가장 바람직하게는 90% 초과임을 의미한다. 문헌[P. Chiniwalla, IEEE Trans. Adv. Packaging 24(1), 2001, 41]에 추가로 기재된 바와 같이, 식 1은 하기와 같다:  $P\% = (1 - (t_1/h_1)) * 100$ , 여기서,  $t_1$ 은 표면 층의 양각 높이(relief height)이고  $h_1$ 은 표면 층으로 덮인 특징부의 특징 높이이다.

**[0067]** 열적으로 안정한 백필을 위해 사용될 수 있는 재료에는 폴리실록산 수지, 폴리실라잔, 폴리이미드, 다리 또는 사다리 유형의 실세스퀴옥산, 실리콘, 및 실리콘 하이브리드 재료, 및 기타 다수가 포함된다. 전형적으로 이들 분자는, 높은 열 안정성, 기계적 강도, 및 내화확성을 야기하는 무기 코어, 및 용해성 및 반응성에 도움을 주는 유기 쉘을 갖는다. 이들 재료의 다수의 상업적 공급처가 있으며, 하기 표 2에 요약되어 있다. 사용될 수 있는 다른 부류의 재료는, 예를 들어, 벤조사이클로부텐, 용해성 폴리이미드, 및 폴리실라잔 수지이다.

**[0068]** 중합체 수지에 나노입자 또는 금속 산화물 전구체를 포함시킴으로써 상이한 다양한 상기 재료가 더 높은 굴절률로 합성될 수 있다. 이러한 부류의 예는 개질된 실세스퀴옥산인 실섹스(Silecs) SC850 재료 ( $n \approx 1.85$ ) 및 브류어 사이언스(Brewer Science) 고굴절률 폴리이미드 옵티덱스(OptiNEX) D1 재료 ( $n \approx 1.8$ )이다. 다른 재료에는 메틸트라이메톡시실란 (MTMS)과 비스트라이메톡시실릴에탄 (BTSE)의 공중합체가 포함된다 (문헌[Ro et. al, Adv. Mater. 2007, 19, 705-710]). 이러한 합성 형태는 실세스퀴옥산의 매우 작은, 다리 결합된 환형 케이지를 갖는 용이하게 용해가능한 중합체를 형성한다. 이러한 가요성 구조체는 코팅의 증가된 패킹 밀도 및 기계적 강도를 야기한다. 이들 공중합체의 비는 매우 낮은 열팽창계수, 낮은 다공도 및 높은 모듈러스를 위해 조정될 수 있다.

**[0069]** 열적으로 안정한 백필 재료는 바람직하게는 몇몇 요건을 충족시킨다. 첫째로, 그러한 재료는, 그가 코팅되는 구조화된 표면에 접착하고 부합하여야 한다. 이는 코팅 용액의 점도가, 기포의 포획 없이, 매우 작은 특징부 내로 유동할 수 있기에 충분히 낮아야 함 - 이는 복제된 구조체의 우수한 충실도(fidelity)를 야기할 것임 - 을 의미한다. 그러한 재료는, 아래에 놓인 희생 주형의 용해 또는 팽윤 - 이는 건조 시에 백필의 균열을 야기할 것임 - 을 야기하지 않는 용매를 사용하여 코팅되어야 한다. 용매는 희생 주형의 유리 전이 온도보다 낮은 비점을 갖는 것이 바람직하다. 바람직하게는, 아이소프로판올, 부틸 알코올 및 다른 알코올성 용매가 사용되어 왔다. 둘째로, 그러한 재료는 희생 템플릿 층의 유리 전이 온도보다 낮은 온도에서 충분한 기계적 완전성 (mechanical integrity)(예를 들어, "그린 강도"(green strength))으로 경화되어야 한다. 백필 재료가 저온에서 충분한 그린 강도를 갖지 않는 경우에는, 희생 주형 및 백필 패턴 특징부 둘 모두가 주저앉을 것이고 복제 충실도가 저하될 것이다. 셋째로, 경화된 재료의 굴절률은, 보로실리케이트 또는 석영 중 어느 하나인, 공정에서 사용되는 유리의 유형에 따라, 대략 1.5인 유리 기재의 굴절률에 굴절률 정합하여야 한다. 사파이어, 질화물, 금속, 폴리이미드, 또는 산화물과 같은, 상이한 굴절률의 다른 기재가 또한 이러한 공정에 사용될 수 있다. 넷째로, 백필 재료는, OLED 디스플레이 백플레인을 제조하는 데 사용되는 공정 단계의 상한 외에도, 희생 주형이 분해되기 시작하는 온도 초과에서 열적으로 안정하여야 한다 (예를 들어, 최소한의 균열, 블리스터링 (blistering), 또는 포핑(popping)을 나타내어야 한다). 전형적으로 이러한 층에 사용되는 재료는 축합 경화 단계를 거치는데, 이는 수축, 및 코팅 내 압축 응력의 증가를 야기한다. 상기 기준 모두를 충족시키는 몇몇 상업적 코팅에 사용되어 온 이러한 잔류 응력의 형성을 최소화하는 데 사용되는 몇몇 재료 전략이 있다.

**[0070]** 백필 층과 평탄화 층 둘 모두의 굴절률을 조정하는 것이 유리할 수 있다. 예를 들어, OLED 광 추출 응용에서, 라미네이션 전사 필름에 의해 부여되는 나노구조체는 백필 층과 평탄화 층의 구조화된 계면에 위치된다. 백필 층은 구조화된 계면에서의 제1 면 및 인접 층과 일치하는 제2 면을 갖는다. 평탄화 층은 구조화된 계면에서의 제1 면 및 인접 층과 일치하는 제2 면을 갖는다. 이러한 응용에서, 백필 층의 굴절률은 구조화된 계면 반대편에서 백필 층에 인접한 층에 굴절률 정합하는 한편, 평탄화 층의 굴절률은 구조화된 계면 반대편에서 평탄화 층에 인접한 층에 굴절률 정합한다.

**[0071]** 나노입자는 백필 층 및 평탄화 층의 굴절률을 조정하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 아크릴 코팅에서, 실리

카 나노입자 ( $n \approx 1.42$ )는 굴절률을 감소시키는 데 사용될 수 있는 반면, 지르코니아 나노입자 ( $n \approx 2.1$ )는 굴절률을 증가시키는 데 사용될 수 있다. 나노입자와 결합제 사이의 굴절률 차이가 큰 경우에, 코팅의 벌크 내에서 헤이즈(haze)가 나타날 것이다. 낮은 헤이즈가 바람직한 속성인 응용 (예를 들어, 회절 광학 요소를 사용하여 조정된 광 분포의 AMOLED)의 경우에는, 헤이즈가 나타나기 전 나노입자의 농도 및 굴절률 차이 둘 모두에 대해 한계가 있다. 헤이즈가 바람직한 속성인 응용 (예를 들어, OLED 고체 조명 요소에서의 균일한 광 분포)의 경우에는, 이러한 한계를 넘어설 수 있다. 입자 응집이 일어나기 시작하기 전의 수치에서는 또한 나노입자의 농도에 대해 한계가 있어서, 코팅의 굴절률이 조정될 수 있는 정도를 제한한다.

[표 2]

저굴절률 및 고굴절률 둘 모두의 열적으로 안정한 주형 재료

재료명 또는 상표명	유형	입수가능한 공급처
테크글라스(TecheGlas) GRx 수지	T-수지 (메틸 실세스퀴옥산)	테크네글라스(TechneGlas; 미국 오하이오주 페리스버그 소재)
HSG-510	T-수지 (메틸 실세스퀴옥산)	히타치 케미칼(Hitachi Chemical; 일본 도쿄 소재)
에쿠글라스(ACCUGLASS) 211	T-Q 수지 (메틸 실세스퀴옥산)	허니웰(Honeywell; 미국 아리조나주 템페 소재)
하드실(Hardsil) AM	실리카 나노복합체	젤레스트 인크(Gelest Inc; 미국 펜실베이니아주 모리스빌 소재)
MTMS-BTSE 공중합체 (문헌[Ro et. al, <i>Adv. Mater.</i> 2007, 19, 705-710])	다리 결합된 실세스퀴옥산	내셔널 인스티튜트 오브 스탠다즈 앤드 테크놀로지(National Institute of Standards and Technology; 미국 메릴랜드 주 가이티스버그 소재)
퍼마뉴(PermaNew)6000	실리카 충전된 메틸-폴리실록산 중합체 함유 잠열-경화 촉매 시스템	캘리포니아 하드코트(California Hardcoat; 미국 캘리포니아 출라 비스타 소재)
폭스 플로우어블 옥사이드(FOX Flowable OXide)	수소 실세스퀴옥산	다우 코닝 (Dow Corning; 미국 미시간주 미들랜드 소재)
오르모서(Ormocer), 오르모클래드(Ormoclad), 오르모코어(Ormocore)	실리콘 하이브리드	마이크로 레지스트 게엠베하(Micro Resist GmBH; 독일 베를린 소재)
실섹스 SCx 수지	실리콘 하이브리드 ( $n = 1.85$ )	실섹스 오와이(Silecs Oy; 핀란드 에스푸 소재)
윙턴텍스 D1	용해성 폴리이미드 ( $n=1.8$ )	브류어 사이언스(Brewer Science; 미국 미주리주 롤라 소재)
코린(Corin) XLS 수지	용해성 폴리이미드	넥솔브 코포레이션(NeXolve Corp.; 미국 앨라배마주 헨즈빌 소재)
세라세트(Ceraset) 수지	폴리실라잔	키온 스페셜티 폴리머스(KiON Specialty Polymers; 미국 노스캐롤라이나주 샬롯 소재)
볼튼(Bolton) 금속	저융점 금속	볼튼 메탈 프로덕츠(Bolton Metal Products; 미국 펜실베이니아주 벨라폰테 소재)
사이클로텐(CYCLOTENE) 수지	벤조사이클로부탄 중합체	다우 케미칼 (미국 미시간주 미들랜드 소재)

#### 접착 촉진 층 재료

접착 촉진 층은, 전사 필름의 성능에 실질적으로 악영향을 주지 않고, 수용체 기재에 대한 전사 필름의 접착력을 향상시키는 임의의 재료에 의해 구현될 수 있다. 백필 층 및 평탄화 층을 위한 예시적인 재료가 또한 접착 촉진 층을 위해 사용될 수 있다. 접착 촉진 층을 위해 바람직한 재료는 표 2에서 확인된 사이클로텐 수지이다.

#### 실시예

실시예에서 모든 부, 백분율, 비 등은, 달리 언급되지 않는다면, 중량을 기준으로 한다. 사용되는 용매 및 기타 시약은, 달리 명시되지 않는다면, 미국 미주리주 세인트루이스 소재의 시그마-알드리치 코포레이션(Sigma-Aldrich Corp.)으로부터 입수하였다. 표 3은 실시예를 위한 재료를 열거한다.

[0078] [ 표 3 ]

재료

약어 또는 상표명	설명	입수가능한 공급처
에쿠글라스 211	T-Q 수지 (메틸 실세스퀴옥산)	허니웰(미국 아리조나주 템페 소재)
AP3000	접착 촉진제	미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼 컴퍼니(Dow Chemical Company)
BTSE	비스(트라이에톡시실릴에틸)에탄	미국 펜실베이니아주 래드너 소재의 브이더블유알 인터내셔널, 엘엘씨(VWR International, LLC)
사이클로텐 3022	사이클로텐 3022-63 수지, 63%w/w 스톱	미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼 컴퍼니
HCl	염산	미국 펜실베이니아주 래드너 소재의 브이더블유알 인터내셔널, 엘엘씨
MTMS	메틸트라이에톡시실란	미국 펜실베이니아주 래드너 소재의 브이더블유알 인터내셔널, 엘엘씨
피마뉴6000	T-수지 나노복합재	캘리포니아 하드코트(미국 캘리포니아 출라 비스타 소재)
QPAC 40	폴리(알킬렌 카르보네이트) 공중합체	미국 델라웨어주 뉴캐슬 소재의 엠파워 머티어리얼스, 인크.(Empower Materials, Inc.)
QPAC 100	폴리(알킬렌 카르보네이트) 공중합체	미국 델라웨어주 뉴캐슬 소재의 엠파워 머티어리얼스, 인크.
QPAC 130	폴리(알킬렌 카르보네이트) 공중합체	미국 델라웨어주 뉴캐슬 소재의 엠파워 머티어리얼스, 인크.
T50	실리콘 처리된 PET 이형 라이너	미국 미주리주 세인트루이스 소재의 솔루티아 인크(Solutia Inc)
THF	무수 테트라하이드로푸란	미국 미주리주 세인트루이스 소재의 시그마-알드리치 코포레이션
PDM 1086	폴리노르보르넨	미국 오하이오주 클리브랜드 소재의 프로메러스

[0079]

[0080] 실시예 1 (QPAC 100/허니웰 재료/사이클로텐)

[0081] 희생 재료 층 코팅 및 엠보싱

[0082] 1,3-다이옥솔란 중 QPAC 100의 5 중량% 용액을 30 cm/min의 속도로 연속 필름 코팅 장치 내의 10.2 cm (4 인치) 폭 슬롯형 코팅 다이로 전달하였다. 이 용액을 0.051 mm (0.002 인치) 두께의 T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 후면에 코팅하였다. 코팅된 웨브는 대략 2.4 m (8 ft)를 이동한 후에, 3개의 구역 모두가 65.5℃ (150°F)로 설정된 9.1 m (30 ft)의 종래의 공기 부양 건조기(air floatation dryer)로 들어갔다. 기재를 3.05 m/min (10 ft/min)의 속도로 이동시켜 약 80 마이크로미터의 습윤 코팅 두께를 달성하였다.

[0083] 이어서, 코팅된 필름을, 1.75 kN/cm (1000 파운드/선형 인치)의 압력 하의 nip에서, 110℃ (230°F)의 온도에서 600 nm 피치 선형 톱니 홈을 갖는 금속 마스터 도구에 희생 코팅을 대고 엠보싱하였다. 엠보싱 라인 속도는 0.61 m/min (2 ft/min)이었다.

[0084] 백필 층 코팅

[0085] 에쿠글라스 211 스핀-온(spin-on) 유리를 실온에 이르게 한 다음, 엠보싱된 필름 샘플에 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 2000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.

[0086] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.

[0087] 접착 촉진 층 코팅

[0088] 메시틸렌으로 사이클로텐 3022 (미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼)를 32 중량%로 희석하고, 이어서 샘플의 백필 코팅 표면 상에 스핀 코팅하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 3000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건



조)였다.

[0089] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.

[0090] 프라이밍된 유리에 대한 라미네이션

[0091] 50 mm × 50 mm × 0.7 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드를 보풀이 없는 천(lint free cloth)으로 청결히 하고, 초음파 세척 챔버에서 세제를 사용하여 20분 동안 처리하고, 이어서 가열된 물을 사용하는 2개의 폭포형 행굼 챔버(cascading rinse chamber) 내에 각각 20분 동안 두었다. 이어서, 슬라이드를 오븐 내에서 공기를 순환시키면서 20분 동안 건조하였다.

[0092] 유리 표면을 다우(Dow) AP3000으로 처리하여, 라미네이션 단계 동안의 사이클로텐 3022의 접착력을 개선하였다. 다우 AP3000은 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 3000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.

[0093] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.

[0094] 실리콘 핸드 롤러를 사용하여, 사이클로텐 3022 코팅된 샘플을, 코팅 면을 아래로 하여, 핫플레이트 상의 처리된 유리 슬라이드에 라미네이션하였다.

[0095] 희생 템플릿 층 제거

[0096] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고 이어서 라미네이션된 샘플을 실온에서 관형로(tube furnace)에 넣었다. 실험 지속 시간 동안 노를 질소 가스로 퍼징하였다. 이어서, 온도를 25℃로부터 425℃까지 3℃/min으로 올리고 425℃에서 1 시간 동안 유지하였다. 노 및 샘플을 주위 온도로 냉각하였다. 생성된 나노구조화된 샘플은 투명하였고 선형 광학 격자의 특징인 무지개빛을 나타내었다.

[0097] 실시예 2 (QPAC 100/80:20/사이클로텐)

[0098] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너 상에 QPAC 100으로 코팅된 캐리어 필름을 제조하고 실시예 1에서와 같이 엠보싱하였다.

[0099] 백필 층 코팅

[0100] 2가지 상이한 실란 단량체, MTMS 및 BTSE를 사용하여 백필 코팅 용액을 생성하였다. 0℃에서 교반하면서, HCl (H<sub>2</sub>O 중 37% HCl, 0.148 g) 및 증류수 (H<sub>2</sub>O, 8.9 g)를 MTMS와 BTSE의 혼합물 (5.7 mL MTMS 및 3.7 mL BTSE)에 적가하였다. (HCl의 몰)/(MTMS+ BTSE의 몰)로서 정의되는 몰 비 R1은 0.03이었고, (H<sub>2</sub>O의 몰)/(MTMS+BTSE의 몰)로서 정의되는 몰 비 R2는 10.0이었다. 몰 비 MTMS:BTSE는 8:2였다. 무수 테트라하이드로푸란 (THF)을 반응 용매로서 사용하였는데, 대략 35 질량%의 단량체 혼합물을 THF에 첨가하였다. 물/산의 첨가 후에, 환류 하에, 건조한 불활성 분위기에서 혼합물을 60℃까지 천천히 가열하고 4시간 동안 자석 교반하였다. 반응 혼합물을 대략 30분 동안 실온으로 냉각되게 두고, 0.45 마이크로미터 필터를 통해 여과하고, 이어서 분별 깔때기 내에서 메틸 t-부틸/에테르 및 물과 함께 진탕하였다. 진탕 후에, 수상을 버리고, 더 많은 물을 첨가하였다. 이러한 세척 단계를 3회 더 반복하여, 총 4회의 세척 단계를 수행하였다. 에테르 상을 둥근 바닥 플라스크에 수집하고, 용액이 투명하게 변할 때까지 황산마그네슘을 첨가하였다. 현탁액을 30분 동안 자석 교반하여 임의의 미량의 물을 제거하고 이어서 0.45 마이크로미터 필터를 통해 다시 여과하였다. 감압 하에 에테르를 증발시키고 생성된 백색 고체를 진공 하에서 하룻밤 건조하였다. 이 물질의 수율은 약 2 g, 또는 대략 20%였다. 이 화합물은 아이소프로필 알코올 (IPA) 및 sec-부탄올 둘 모두에 용이하게 용해가능한 것으로 나타났다. 이 화합물을 IPA 중에 5%w/w로 희석하여 백필 코팅 용액을 제조하였다.

[0101] 상기한 백필 코팅 용액을 엠보싱된 필름 샘플에 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 2000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.

[0102] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.

[0103] 접착 촉진 층 코팅

[0104] 백필링된 샘플의 일부분을 실시예 1에 기재된 바와 같이 사이클로텐 3022 제품으로 코팅하였다.

[0105] 유리에 대한 라미네이션

- [0106] 50 mm × 50 mm × 0.7 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드를 보풀이 없는 천으로 청결히 하고, 초음파 세척 챔버에서 세제를 사용하여 20분 동안 처리하고, 이어서 가열된 물을 사용하는 2개의 폭포형 행굼 챔버 내에 각각 20분 동안 두었다. 이어서, 슬라이드를 오븐 내에서 공기를 순환시키면서 20분 동안 건조하였다.
- [0107] 실리콘 핸드 롤러를 사용하여, 코팅된 샘플을, 코팅 면을 아래로 하여, 핫플레이트 상의 세정된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.
- [0108] 희생 템플릿 층 제거
- [0109] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고, 라미네이팅된 샘플을 박스로(box furnace) (미국 노스캐롤라이나주 애쉬빌 소재의 린드버그 블루(Lindberg Blue) M 박스로 모델 BF51732PC-1)에 넣었다. 온도를 25℃로부터 430℃까지 대략 1℃/min의 비율로 증가시켰다. 노를 430℃에서 1시간 동안 유지하고, 이어서 노 및 샘플을 주위 온도로 냉각되게 두었다. 생성된 나노구조화된 샘플은 투명하였고 선형 광학 격자의 특징인 무지개빛을 나타내었다. 도 16은 생성된 나노구조화된 유리 표면의 측단면 이미지이다.
- [0110] 비교예 C1 (QPAC 100/사이클로텐, 나노구조체 없음)
- [0111] 희생 재료 층 코팅 및 엠보싱
- [0112] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너 상에 코팅된 필름을 제조하고 실시예 1에서와 같이 엠보싱하였다.
- [0113] 백필 층 코팅
- [0114] 이 예에서는, 사이클로텐 3022가 유일한 백필 재료이다. 코팅되고 엠보싱된 QPAC 100을 갖는 필름의 일부분을 실시예 1에 기재된 바와 같이 사이클로텐 3022 제품으로 코팅하였다.
- [0115] 유리에 대한 라미네이션
- [0116] 이어서, 실시예 2에 기재된 바와 같이 샘플을 폴리싱된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.
- [0117] 희생 템플릿 층 제거
- [0118] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고, 이어서, 라미네이팅된 샘플을 박스로 (미국 노스캐롤라이나주 애쉬빌 소재의 린드버그 블루 M 박스로 모델 BF51732PC-1)에 넣고 대략 3.5℃/min의 비율로 25℃로부터 450℃까지 이르게 하였다. 노를 430℃에서 1시간 동안 유지하고, 이어서 주위 온도로 냉각되게 두었다. 생성된 나노구조화된 샘플은 투명하였고 선형 광학 격자의 특징인 무지개빛을 나타내었다.
- [0119] 실시예 3 (QPAC 100/퍼마뉴 6000/사이클로텐)
- [0120] 희생 재료 층 코팅 및 엠보싱
- [0121] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너 상에 코팅된 필름을 제조하고 실시예 1에서와 같이 엠보싱하였다.
- [0122] 백필 층 코팅
- [0123] 유니버설 컴팩(Universal Compak) 전원 공급기 (미국 위스콘신주 메노모니 폴스 소재의 에너콘 인더스트리즈 코포레이션(Enercon Industries Corporation))에 의해 전력 공급되는 이중 세라믹 바 장치를 사용하는 물 투 물 공정에서, 엠보싱된 필름의 일부분을 공기 코로나로 처리하였다. 세라믹 바와 샘플 사이에 3.2 mm (1/8 인치)의 간극을 두고, 공기 중에서 1.5 m/min (5 ft/min)으로 샘플에 0.75 J를 가하도록 시스템을 설정하였다.
- [0124] 코로나 처리된 엠보싱된 필름의 샘플 (≈ 2 in × 3 in)을 퍼마뉴 6000으로 코팅하였는데, 이것은 엠보싱된 필름 샘플에 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 2000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.
- [0125] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.
- [0126] 접착 촉진 층 코팅
- [0127] 백필링된 샘플의 일부분을 실시예 1에 기재된 바와 같이 사이클로텐 3022 제품으로 코팅하였다.
- [0128] 유리에 대한 라미네이션

- [0129] 이어서, 실시예 2에 기재된 바와 같이 샘플을 폴리싱된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.
- [0130] 희생 템플릿 층 제거
- [0131] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고, 이어서, 라미네이팅된 샘플을 박스로 (미국 노스캐롤라이나주 애쉬빌 소재의 린드버그 블루 M 박스로 모델 BF51732PC-1)에 넣고 대략 1°C/min의 비율로 25°C로부터 130°C까지 이르게 하였다. 노를 130°C에서 2시간 동안 유지하여 백필을 경화시켰다. 이어서, 온도를 400°C로 증가시키고 1시간 동안 유지하여 희생 재료를 분해시켰다. 노 및 샘플을 주위 온도로 냉각되게 두었다. 결과는 나노구조체를 갖는 투명한 유리 기재였다.
- [0132] 실시예 4 (QPAC 130/퍼마뉴 6000/사이클로텐)
- [0133] 노치 바 코팅기(notch bar coater)를 사용하여 QPAC 130 (클로로포름 중 5 중량%)을 0.051 mm (0.002 인치) 두께의 T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 후면에 핸드 코팅하였다. 코팅을 70°C에서 30분 동안 용매 오븐에서 건조하였다.
- [0134] 플라즈마-섬(Plasma-Therm) 배치 반응기(미국 플로리다주 세인트 피터스버그 소재의 플라즈마-섬(Plasma-Therm)으로부터 입수가능한 플라즈마-섬 모델 3032)를 사용하는 플라즈마 침착에 의해 규소 함유 층을 침착함으로써, 600 nm 피치 선형 홈을 갖는 중합체 도구에 이형 코팅을 적용하였다. 코팅된 필름을, 552 kPa (80 psi)의 압력 하의 챔버에서, 143°C (290°F)의 온도에서 중합체 도구에 대고 희생 재료 면 상에서 엠보싱하였다. 엠보싱 라인 속도는 대략 0.3 m/min (1 피트/분)이었다. 코팅된 필름으로부터 중합체 도구를 제거하여 엠보싱된 구조체를 갖는 필름을 형성하였다.
- [0135] 백필 층 코팅
- [0136] 엠보싱된 필름의 샘플 ( $\approx 2 \text{ in} \times 3 \text{ in}$ )을, 한 방울의 물로, 1 mm 두께의 5.1 cm  $\times$  7.6 cm (2 인치  $\times$  3 인치) 유리 현미경 슬라이드 (미국 펜실베이니아주 래드너 소재의 브리더블유알 인터내셔널로부터 입수가 가능)에 접착하였다. 샘플을 모델 WS-6505-6npp/liter 스핀 코팅기 (미국 펜실베이니아주 노스 웨일스 소재의 로렐 테크놀로지스 코포레이션(Laurell Technologies Corporation)으로부터 입수가 가능)에서 진공 척(vacuum chuck) 바로 위에 놓았다. 64 kPa (19 in Hg)의 진공을 가하여 샘플을 척에 고정하였다. 스핀 코팅기를 500 RPM으로 5초 동안 (코팅 적용 단계), 이어서 2000 RPM으로 15초 동안 (스핀 다운), 이어서 1000 RPM으로 20초 동안 (건조 단계)으로 프로그래밍하였다.
- [0137] 아이소프로필 알코올을 사용하여 퍼마뉴 6000을 10 중량%의 최종 농도로 희석하였다. 엠보싱된 필름의 샘플 ( $\approx 2 \text{ in} \times 3 \text{ in}$ )을 희석된 퍼마뉴 6000으로 코팅하였는데, 이것은 엠보싱된 필름 샘플에 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 2000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.
- [0138] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90°C에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.
- [0139] 접착 촉진 층 코팅
- [0140] 백필링된 샘플의 조각을 실시예 1에서와 같이 사이클로텐 3022 제품으로 코팅하였다.
- [0141] 유리에 대한 라미네이션
- [0142] 50 mm  $\times$  50 mm  $\times$  0.7 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드를 보풀이 없는 천으로 청결히 하고, 초음파 세척 챔버에서 세제를 사용하여 20분 동안 처리하고, 이어서 가열된 물을 사용하는 2개의 폭포형 행굼 챔버 내에 각각 20분 동안 두었다. 이어서, 슬라이드를 오븐 내에서 공기를 순환시키면서 20분 동안 건조하였다.
- [0143] 실리콘 핸드 롤러를 사용하여, 110°C로 가열된 핫플레이트 상에서, 코팅된 샘플을, 코팅 면을 아래로 하여, 핫플레이트 상의 세정된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.
- [0144] 희생 템플릿 층 제거
- [0145] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고 이어서 라미네이팅된 샘플을 실시예 3에서와 같이 박스로에 넣었다. 노 및 샘플을 주위 온도로 냉각되게 두었다. 도 17의 측면면 이미지에 나타나 있는 결과는 나노구조체를 갖는 투명한 유리 기재였다.
- [0146] 비교예 C2 (QPAC 40/사이클로텐, 나노구조체 없음)

- [0147] 201 마이크로미터로 설정된 간극을 갖는 노치 바 코팅기를 사용하여 QPAC 40 (2-부탄온 중 25 중량%)을 0.051 mm (0.002 인치) 두께의 T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 후면에 핸드 코팅하였다. 코팅을 70℃에서 30분 동안 용매 오븐에서 건조하였다.
- [0148] 플라즈마-섬 배치 반응기(미국 플로리다주 세인트 피터스버그 소재의 플라즈마-섬으로부터 입수가 가능한 플라즈마-섬 모델 3032)를 사용하는 플라즈마 침착에 의해 규소 함유 층을 침착함으로써, 600 nm 피치 선형 홈을 갖는 중합체 도구에 이형 코팅을 적용하였다. 코팅된 필름을, 552 kPa (80 psi)의 압력 하의 낱에서, 66℃ (150°F)의 온도에서 중합체 도구에 대고 희생 재료 면 상에서 엠보싱하였다. 엠보싱 라인 속도는 대략 0.3 m/min (1 피트/분)이었다. 코팅된 필름으로부터 중합체 도구를 제거하여 엠보싱된 구조체를 갖는 필름을 형성하였다.
- [0149] 접착 촉진 층 코팅
- [0150] 메시틸렌으로 사이클로헥센 3022 (미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼)를 32 중량%로 희석하고, 이어서 샘플의 백필 코팅 표면 상에 스핀 코팅하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 2000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.
- [0151] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 35℃에서 10분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.
- [0152] 유리에 대한 라미네이션
- [0153] 50 mm × 50 mm × 0.7 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드를 보풀이 없는 천으로 청결히 하고, 초음파 세척 챔버에서 세제를 사용하여 20분 동안 처리하고, 이어서 가열된 물을 사용하는 2개의 폭포형 행굼 챔버 내에 각각 20분 동안 두었다. 이어서, 슬라이드를 오븐 내에서 공기를 순환시키면서 20분 동안 건조하였다.
- [0154] 실리콘 핸드 롤러를 사용하여, 35℃로 가열된 핫플레이트 상에서, 코팅된 샘플을, 코팅 면을 아래로 하여, 핫플레이트 상의 세정된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.
- [0155] 희생 템플릿 층 제거
- [0156] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고, 이어서, 라미네이팅된 샘플을 박스로 (미국 노스캐롤라이나주 애쉬빌 소재의 린드버그 블루 M 박스로 모델 BF51732PC-1)에 넣고 대략 3.5℃/min의 비율로 25℃로부터 450℃까지 이르게 하였다. 노를 450℃에서 1시간 동안 유지하고, 이어서 냉각되게 두었다. 결과는 나노구조체가 없는 투명한 유리 기재였다.
- [0157] 실시예 5 (QPAC 100/피마뉴 6000/사이클로헥센, 라이너 없음)
- [0158] 300 마이크로미터로 설정된 간극을 갖는 노치 바 코팅기를 사용하여 QPAC 100 (1,3-다이옥솔란 중 5 중량%)을 0.051 mm (0.002 인치) 두께의 T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 후면에 핸드 코팅하였다. 코팅을 70℃에서 120분 동안 용매 오븐에서 건조하였다.
- [0159] 플라즈마-섬 배치 반응기(미국 플로리다주 세인트 피터스버그 소재의 플라즈마-섬으로부터 입수가 가능한 플라즈마-섬 모델 3032)를 사용하는 플라즈마 침착에 의해 규소 함유 층을 침착함으로써, 600 nm 피치 선형 홈을 갖는 중합체 도구에 이형 코팅을 적용하였다. 코팅된 필름을, 552 kPa (80 psi)의 압력 하의 낱에서, 66℃ (150°F)의 온도에서 중합체 도구에 대고 엠보싱하였다. 엠보싱 라인 속도는 대략 0.3 m/min (1 피트/분)이었다. 코팅된 필름으로부터 중합체 도구를 제거하여 엠보싱된 구조체를 갖는 필름을 형성하였다.
- [0160] 이어서, 희생 재료로부터 캐리어를 제거하여 독립형 복제 필름을 형성하였다.
- [0161] 백필 층 코팅
- [0162] 엠보싱된 필름의 조각을 실시예 3에 기재된 바와 같이 피마뉴 6000 제품으로 백필링하였다.
- [0163] 접착 촉진 층 코팅
- [0164] 메시틸렌으로 사이클로헥센 3022 (미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼)를 32 중량%로 희석하고, 이어서 샘플의 백필 코팅 표면 상에 스핀 코팅하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 3000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.
- [0165] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.

- [0166] 유리에 대한 라미네이션
- [0167] 50 mm × 50 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드를 보풀이 없는 천으로 우선 청결히 하고, 이어서 세척 챔버에서 세제를 사용하여 20분 동안 초음파 처리하고, 이어서 가열된 물을 사용하는 2개의 폭포형 행굼 챔버 내에 각각 20분 동안 두었다. 이어서, 슬라이드를 오븐 내에서 공기를 순환시키면서 20분 동안 건조하였다.
- [0168] 이어서, 건조된 슬라이드를 90℃에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓고, 알루미늄 트레이로 덮었다. 여전히 핫플레이트 상에 있는 채로, 실리콘 핸드 롤러를 사용하여, 사이클로텐 3022 코팅된 샘플을, 코팅 면을 아래로 하여, 유리 슬라이드에 라미네이팅하였으며, 샘플이 롤러에 달라붙지 않도록 샘플과 롤러 사이에는 T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 조각을 두었다.
- [0169] 희생 템플릿 층 제거
- [0170] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고 이어서 라미네이팅된 샘플을 실시예 3에서와 같이 박스로에 넣었다. 노 및 샘플을 주위 온도로 냉각되게 두었다. 도 18의 측단면 이미지에 나타나 있는 결과는 나노구조체를 갖는 투명한 유리 기재였다.
- [0171] 실시예 6 (프로메러스/퍼마뉴 6000/사이클로텐, UV 경화성)
- [0172] 200 마이크로미터로 설정된 간극을 갖는 노치 바 코팅기를 사용하여 50 중량% MIBK : 50 중량% PDM 1086의 용액을 0.051 mm (0.002 인치) 두께의 T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 후면에 핸드 코팅하였다. 코팅을 120℃에서 5분 동안 용매 오븐에서 건조하였다.
- [0173] 플라즈마-섬 배치 반응기(미국 플로리다주 세인트 피터스버그 소재의 플라즈마-섬으로부터 입수가 가능한 플라즈마-섬 모델 3032)를 사용하는 플라즈마 침착에 의해 규소 함유 층을 침착함으로써, 600 nm 피치 선형 홈을 갖는 중합체 도구에 이형 코팅을 적용하였다. 코팅된 필름을, 552 kPa (80 psi)의 압력 하의 닙에서, 138℃ (280°F)의 온도에서 중합체 도구에 대고 엠보싱하였다. 엠보싱 라인 속도는 대략 0.3 m/min (1 피트/분)이었다. 중합체 도구를 코팅된 필름과 접촉한 채로 두었다.
- [0174] PDM 1086은 365 nm 방사선에 민감하다. PDM 1086을 가교결합하는 데 필요한 에너지는 적절한 UV 공급원로부터의 200 내지 1000 mJ/cm<sup>2</sup>이다. 중압 수는 아크 램프를 사용하는 UV 처리기 (미국 일리노이주 플레인필드 소재의 알피씨 인더스트리즈(RPC Industries) UV 처리기 QC 120233AN/DR)에 15.2 m/min (50 ft/min)의 속도로 샘플을 4회 통과시켜 샘플 스택을 UV 광에 노출시켰다. 이어서, 사후 경화 단계로서 가교결합 반응을 진행하도록 샘플을 90℃에서 4분 동안 오븐에 넣어 두었다. 샘플을 오븐에서 꺼내고 실온으로 냉각되게 두었고, 이어서, T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너의 후면 상에 엠보싱된 구조체를 갖는 경화된 PDM 1086을 남겨 두고, 코팅된 필름으로부터 중합체 도구를 제거하였다. 최종 경화에 도달하기 위해, 엠보싱된 PDM 1086 필름을 160℃에서 60분 동안 오븐에 넣어 두었다.
- [0175] 백필 층 코팅
- [0176] 엠보싱된 필름의 조각을 실시예 4에 기재된 바와 같이 퍼마뉴 6000 제품으로 백필링하였다.
- [0177] 접착 촉진 층 코팅
- [0178] 백필링된 샘플의 조각을 실시예 1에서와 같이 사이클로텐 3022 제품으로 코팅하였다.
- [0179] 유리에 대한 라미네이션
- [0180] 실시예 1에서와 같이, 사이클로텐 3022 코팅된 샘플을 50 mm × 50 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.
- [0181] 희생 템플릿 층 제거
- [0182] T50 실리콘 처리된 PET 이형 라이너를 제거하고 라미네이팅된 샘플을 불활성 분위기 노 (미국 노스캐롤라이나주 애쉬빌 소재의 린드버그 블루 M 머플노(muffle furnace) 모델 51642-HR)에 넣었다. 샘플을 산소 농도가 10 ppm 미만인 질소 분위기 중에서 소성하였다. 온도를 대략 5℃/min의 비율로 25℃로부터 350℃까지 올리고, 이어서 온도를 대략 1℃/min으로 350℃로부터 425℃까지 올렸다. 노를 425℃에서 2시간 동안 유지하고 이어서 노 및 샘플을 자연스럽게 냉각되도록 두었다.
- [0183] 실시예 7 (PP/QPAC 100/퍼마뉴 6000/사이클로텐, 압출 복제)



[0184] 희생 재료 층 공압출 및 엠보싱

[0185] QPAC 100의 대략 10 마이크로미터 두께 층 (375°F의 온도에서 0.75 인치 직경 단축 압출기를 통해 압출됨) 및 폴리프로필렌 1024의 대략 200 마이크로미터 두께 층 (375°F의 온도에서 2개의 1.25 인치 직경 단축 압출기를 통해 압출됨)으로 이루어진 공압출된 필름을 3 매니폴드, 10 인치 폭 압출 다이를 통해 생성하였다.

[0186] 이러한 공압출된 필름을 압출 다이로부터 즉각적으로 뽑아내고, 1.15 kN/cm (650 파운드/선형 인치)의 압력 하의 넓에서 104°C의 온도에서 600 nm 피치 선형 톱니 홈을 갖는 금속 마스터 도구에 대고 엠보싱하였으며, 이때 넓 물은 96°C에서 유지하였다. 공압출된 필름의 층들은 QPAC 100 층이 금속 마스터 도구와 접촉하도록 배열하였다. 엠보싱 라인 속도는 7.62 m/min (25 ft/min)이었다.

[0187] 백필 층 코팅

[0188] 유니버설 컴팩 전원 공급기 (미국 위스콘신주 메노모니 폴스 소재의 에너콘 인더스트리즈 코포레이션)에 의해 전력 공급되는 이중 세라믹 바 장치를 사용하는 롤 투 롤 공정에서, 공압출된 필름의 일부분을 공기 코로나로 처리하였다. 세라믹 바와 샘플 사이에 3.2 mm (1/8 인치)의 간극을 두고, 공기 중에서 1.5 m/min (5 ft/min)으로 샘플에 0.75 J를 가하도록 시스템을 설정하였다.

[0189] 코로나 처리된 엠보싱된 필름의 샘플 ( $\approx 2 \text{ in} \times 3 \text{ in}$ )을 퍼마뉴 6000으로 코팅하였는데, 이것은 엠보싱된 필름 샘플에 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 코팅 공정 동안 유리 현미경 슬라이드를 사용하여 필름을 지지하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 5000 rpm/15 sec (스핀 다운)이었다.

[0190] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 70°C에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다. 이어서 샘플을 70°C에서 4시간 동안 오븐에서 경화시켰다.

[0191] 접착 촉진 층 코팅

[0192] 50 mm  $\times$  50 mm  $\times$  0.7 mm의 폴리싱된 유리 슬라이드를 보풀이 없는 천으로 청결히 하고, 초음파 세척 챔버에서 세제를 사용하여 20분 동안 처리하고, 이어서 가열된 물을 사용하는 2개의 폭포형 행궁 챔버 내에 각각 20분 동안 두었다. 이어서, 슬라이드를 오븐 내에서 공기를 순환시키면서 20분 동안 건조하였다.

[0193] 메시틸렌으로 사이클로헥센 3022 (미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼)를 16 중량%로 희석하고, 이어서 폴리싱된 유리 슬라이드 상에 스핀 코팅하였다. 스핀 파라미터는 500 rpm/5 sec (용액 적용), 3000 rpm/15 sec (스핀 다운), 및 1000 rpm/20 sec (건조)였다.

[0194] 스핀 코팅기로부터 샘플을 꺼내고 70°C에서 5분 동안 핫플레이트 상에 놓아 두어 건조 공정을 완료하였다.

[0195] 유리에 대한 라미네이션

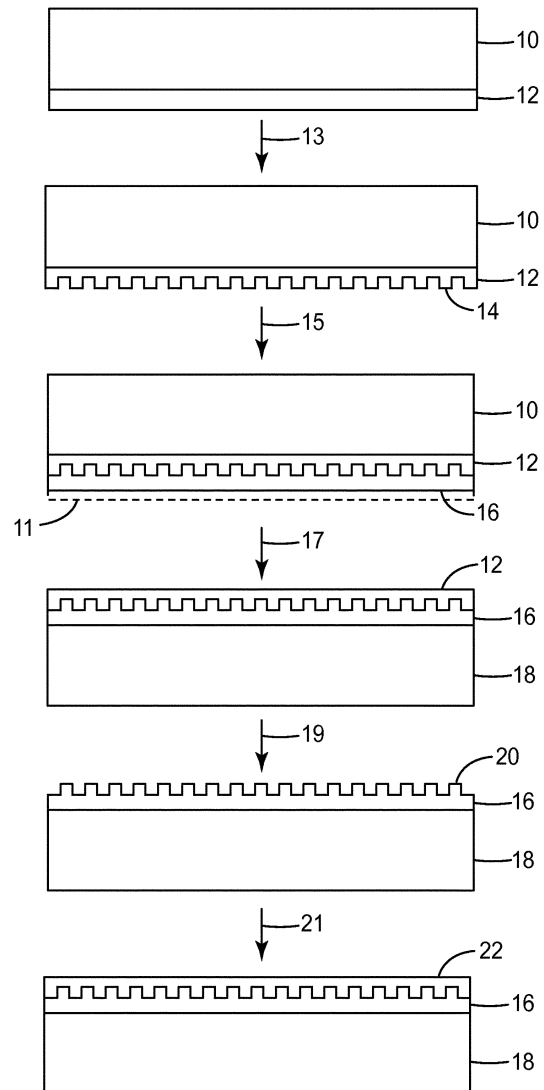
[0196] 열적 필름 라미네이터 (GBC 카테나(Catena) 35, 미국 일리노이주 링컨셔 소재의 지비씨 다큐먼트 피니싱(GBC Document Finishing))를 사용하여, 코팅된 샘플을 230°F에서, 코팅 면을 아래로 하여, 사이클로헥센 코팅된 세팅된 유리 슬라이드에 라미네이팅하였다.

[0197] 희생 템플릿 제거

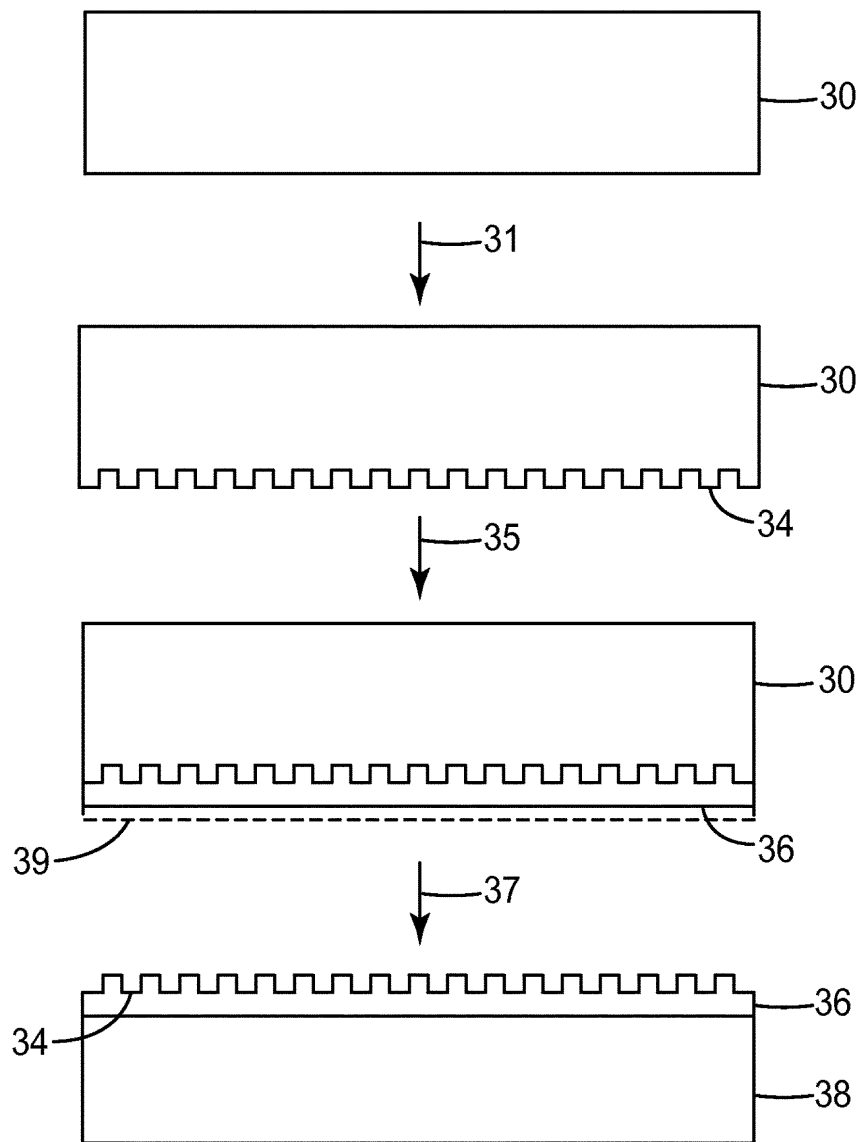
[0198] 폴리프로필렌 층을 제거하고, 이어서, 라미네이팅된 샘플을 박스로 (미국 노스캐롤라이나주 애쉬빌 소재의 린드버그 블루 M 박스로 모델 BF51732PC-1)에 넣고 대략 1°C/min의 비율로 25°C로부터 200°C까지 이르게 하였다. 노를 200°C에서 30분 동안 유지하였다. 온도를 300°C로 증가시키고 3시간 동안 유지하여 희생 재료를 분해시켰다. 노 및 샘플을 주위 온도로 냉각되게 두었다. 결과는 나노구조체를 갖는 투명한 유리 기재였다.

도면

도면1

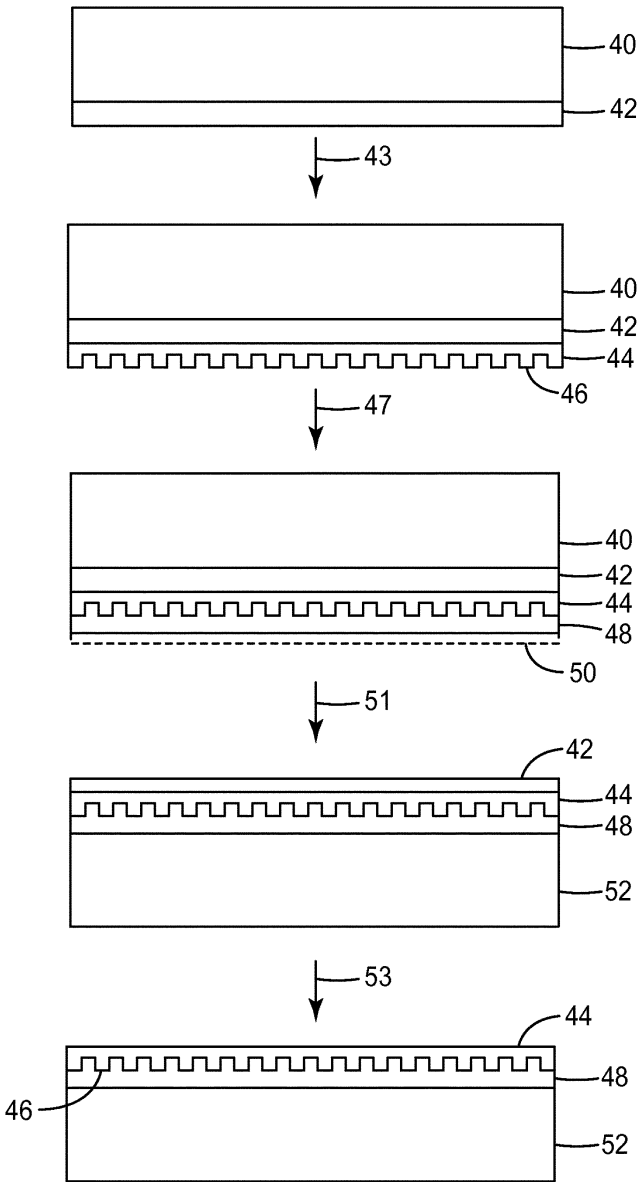


도면2

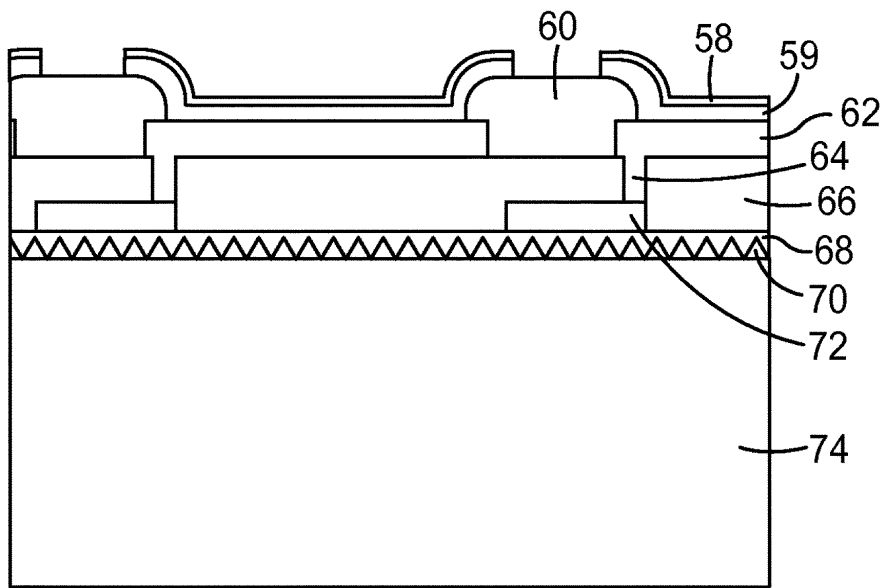




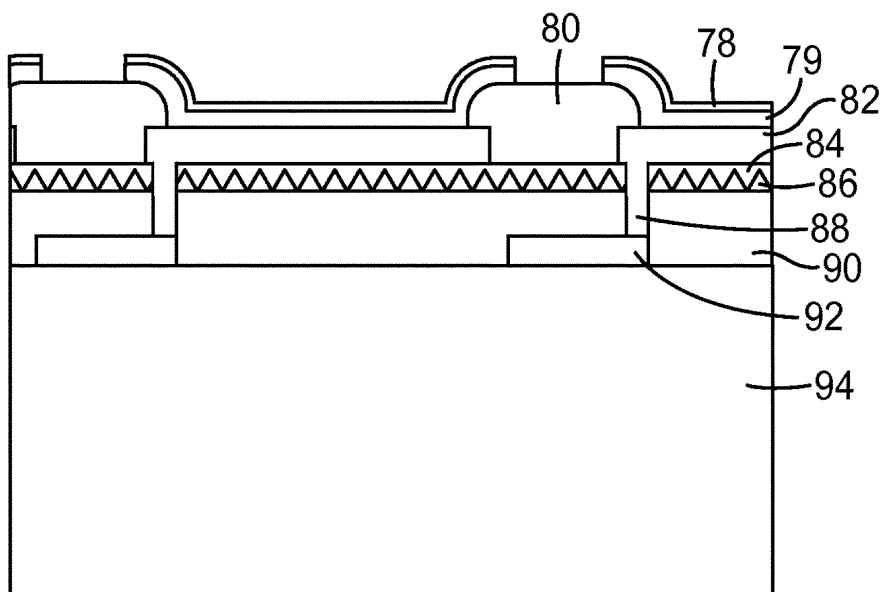
도면3



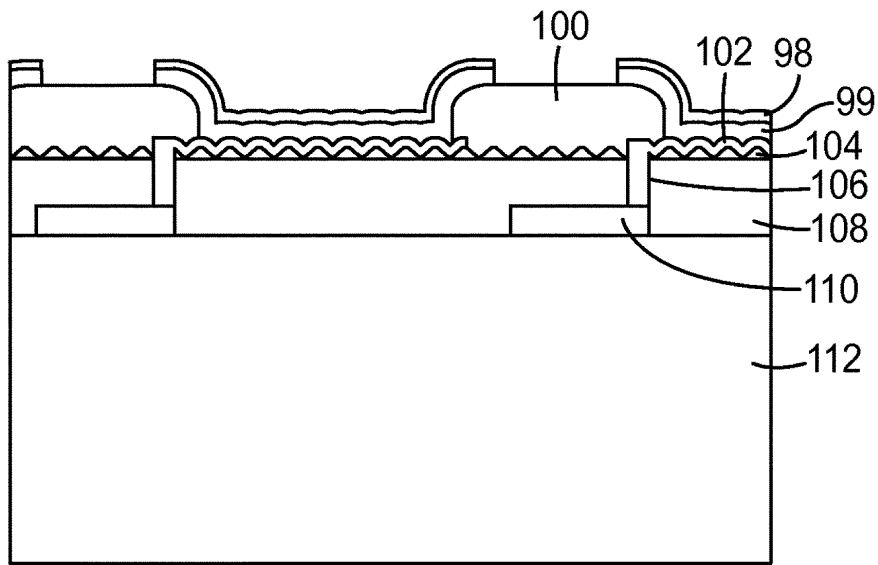
도면4



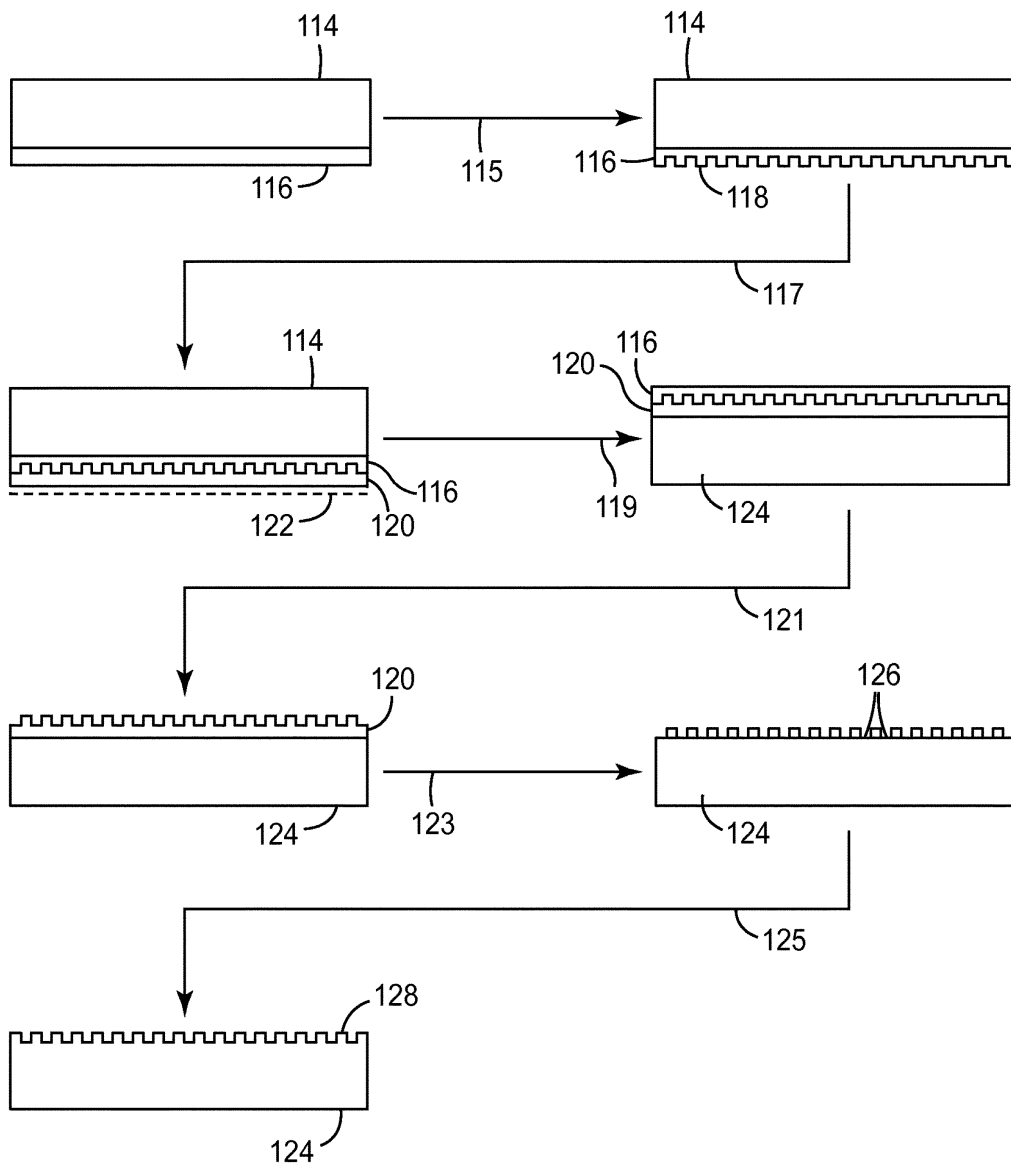
도면5



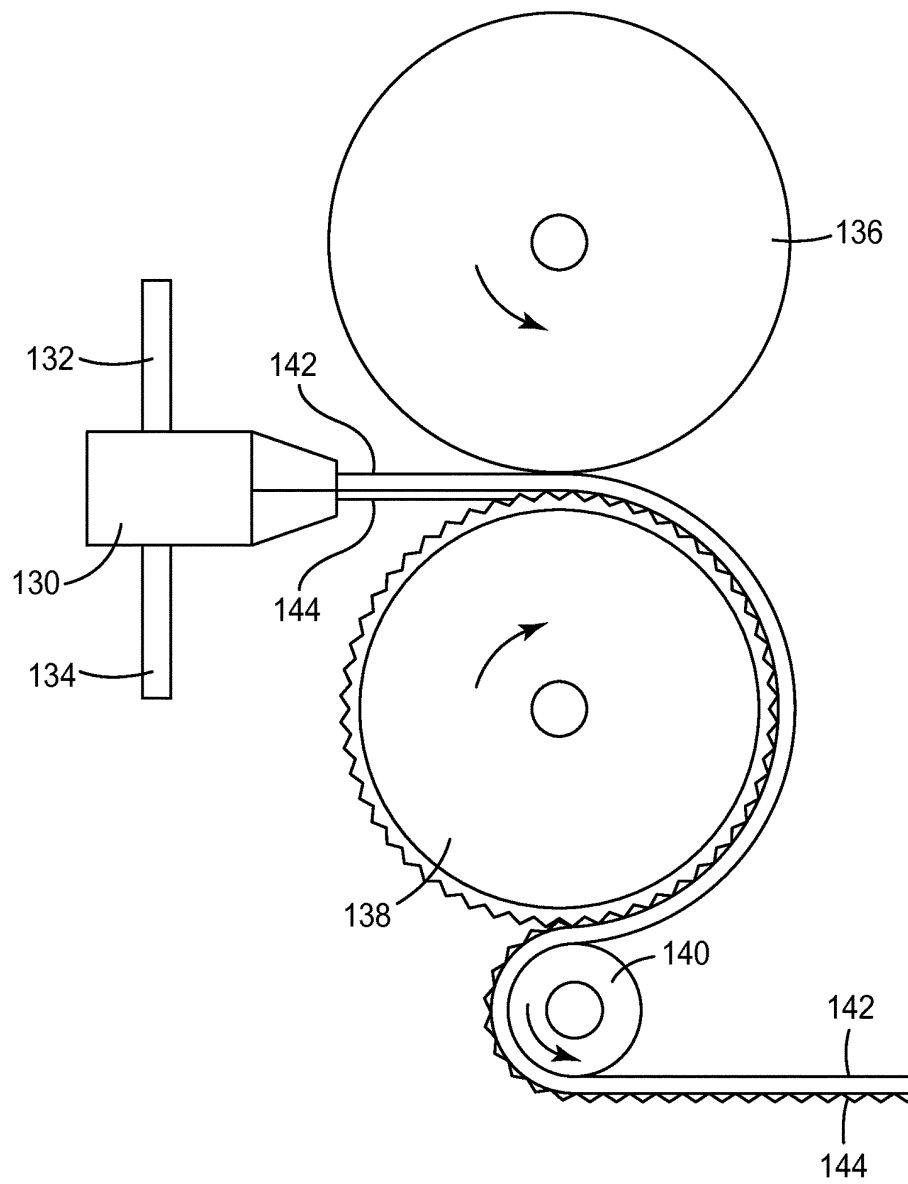
도면6



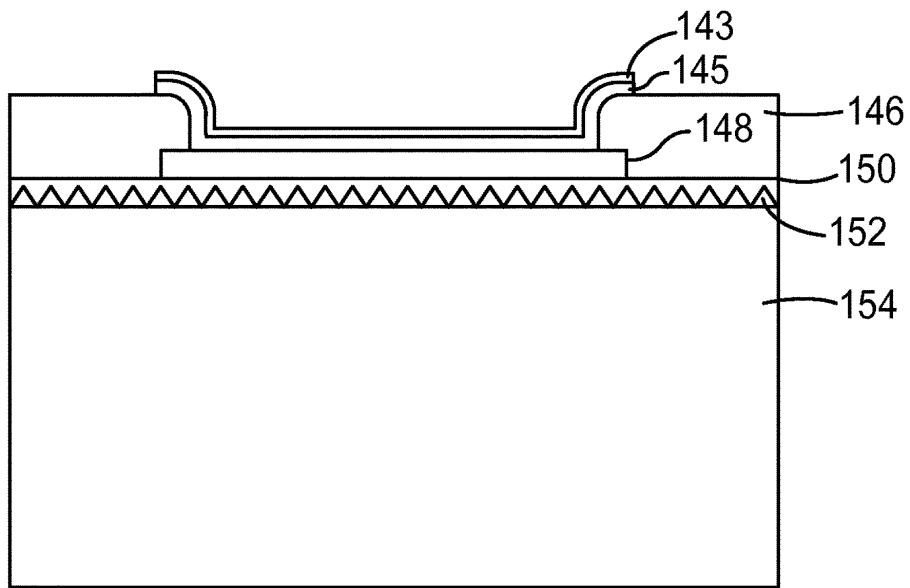
도면7



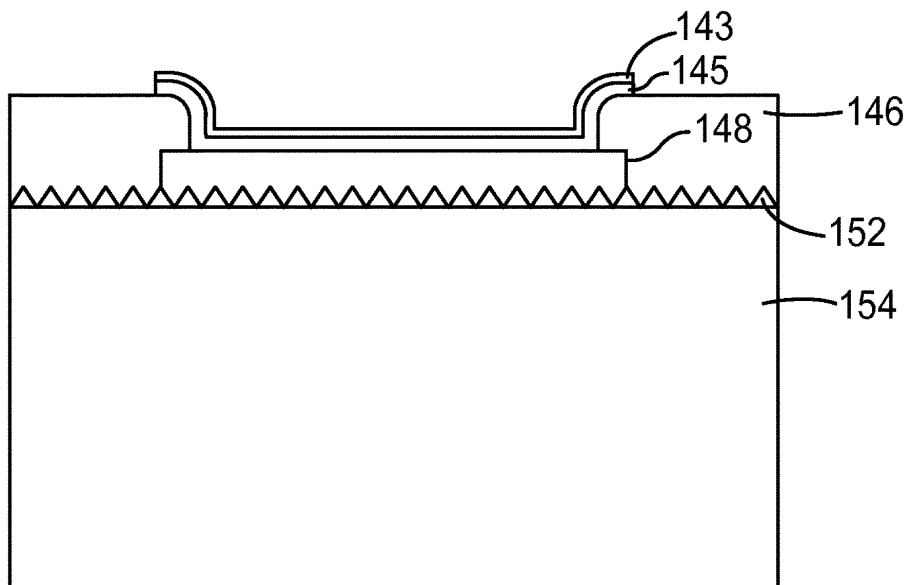
도면8



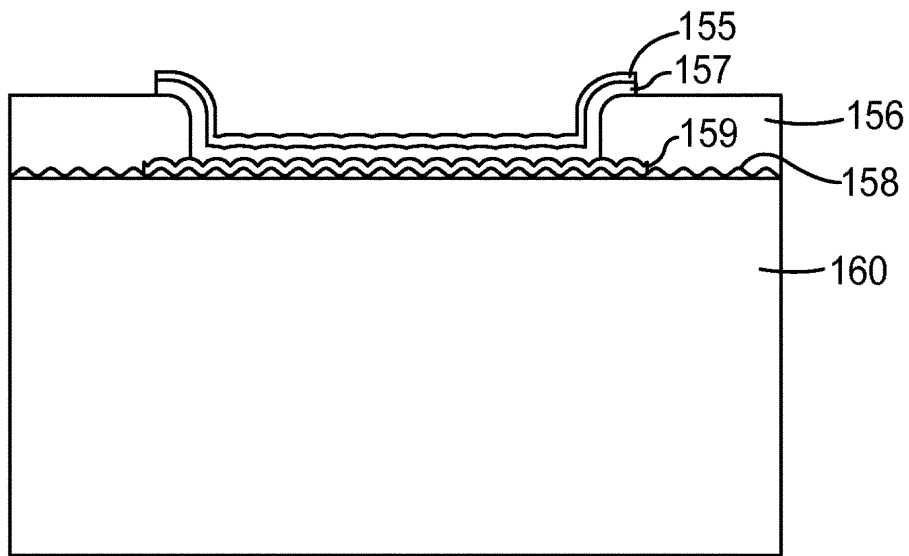
도면9a



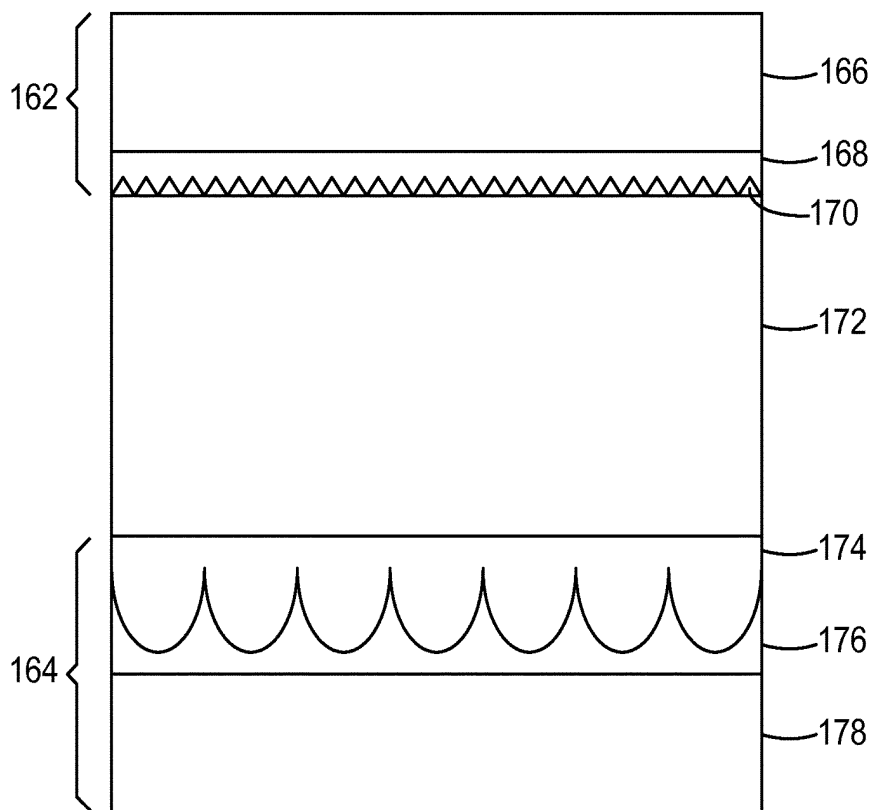
도면9b



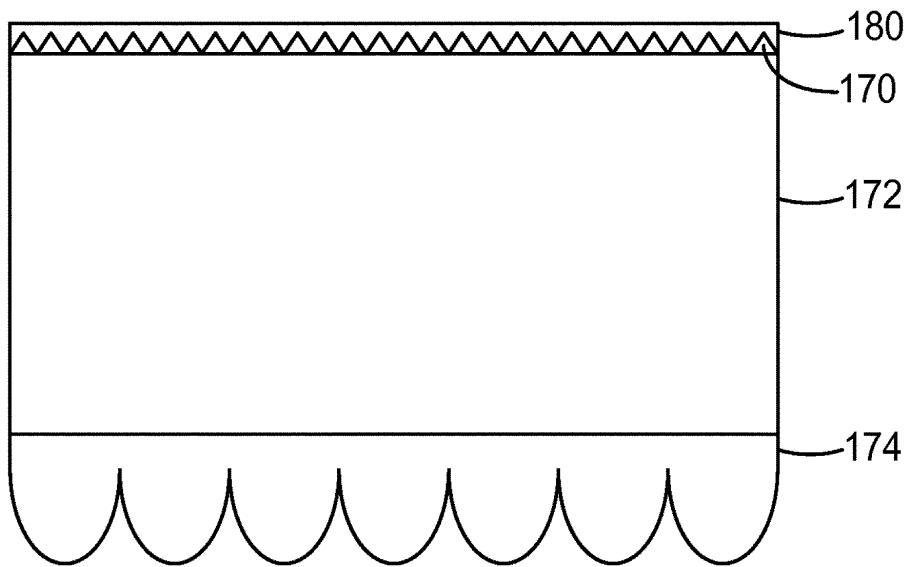
도면10



도면11

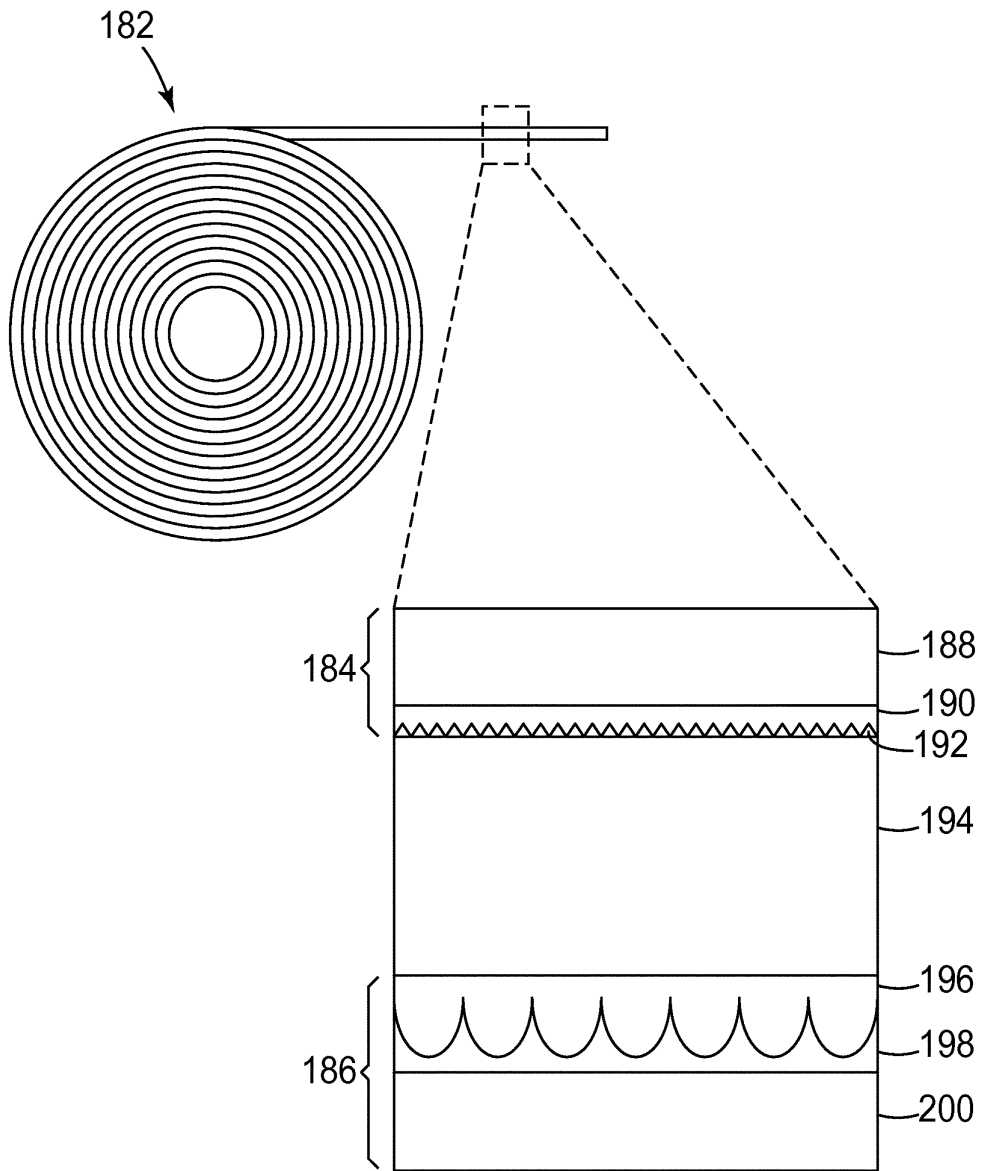


도면12

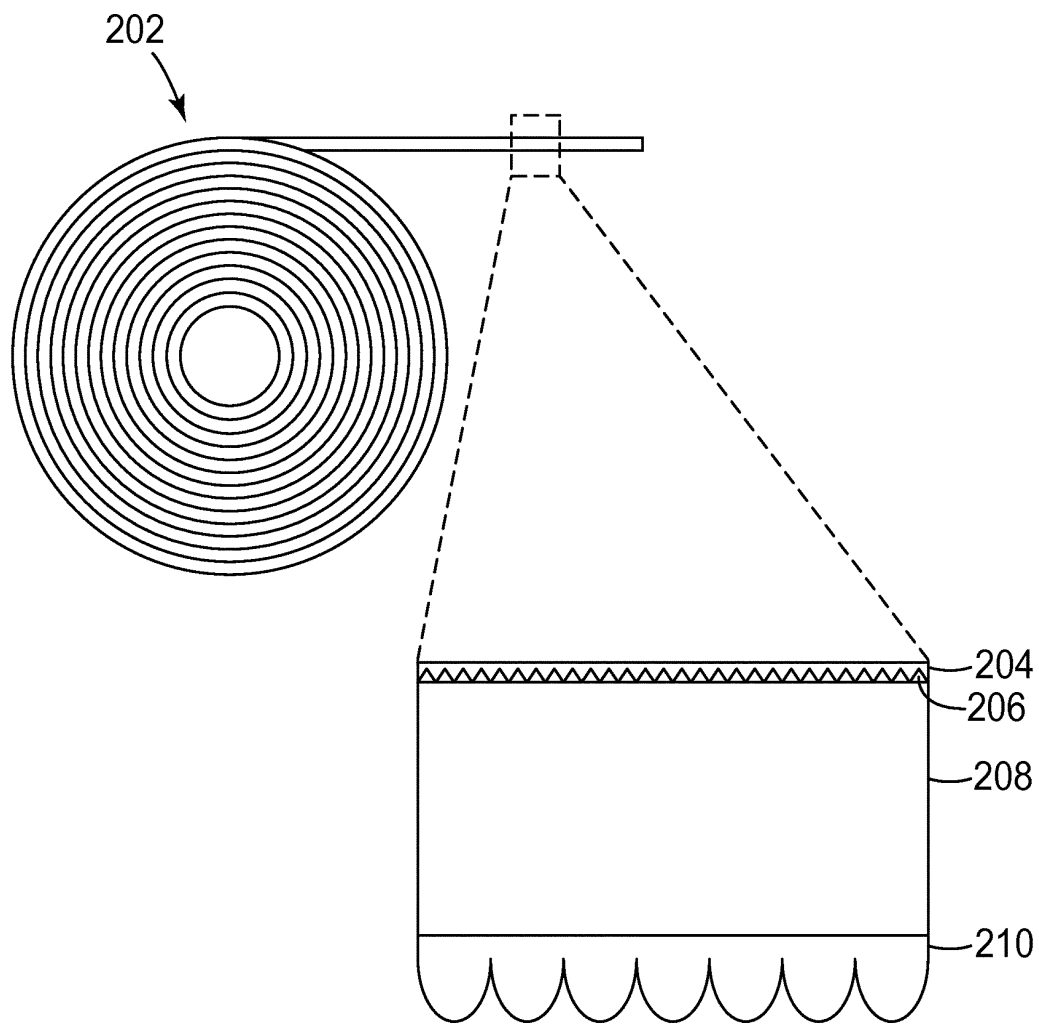




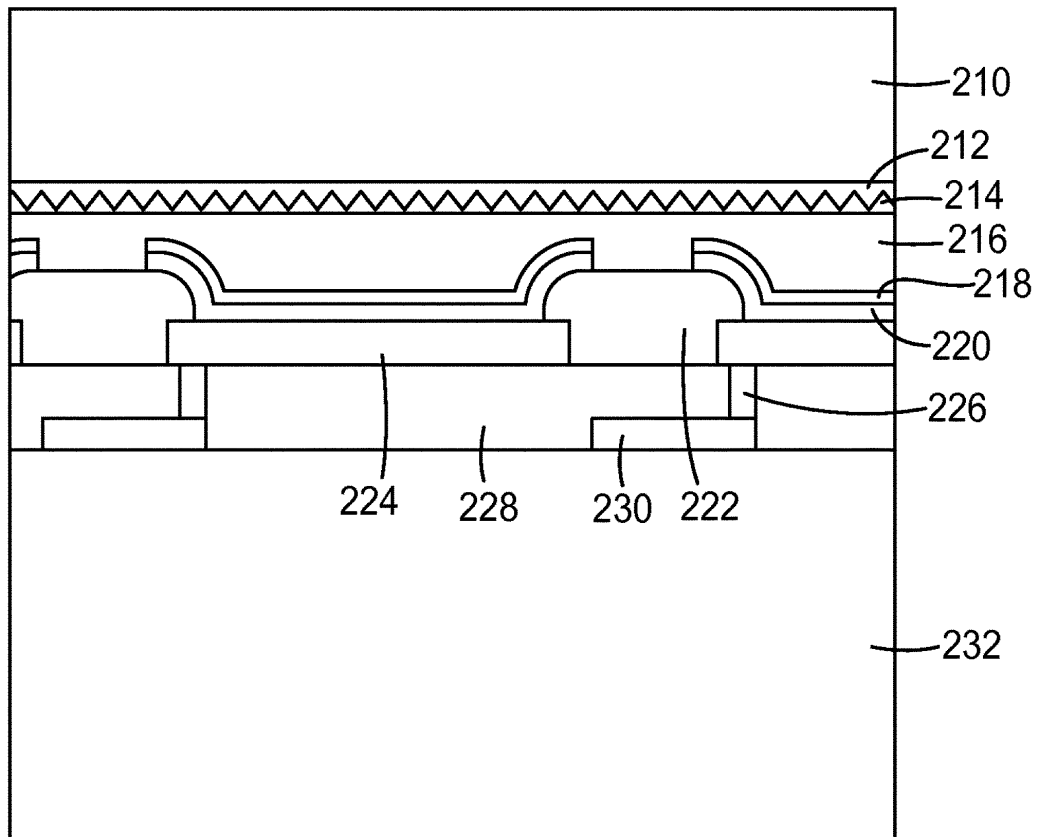
도면13



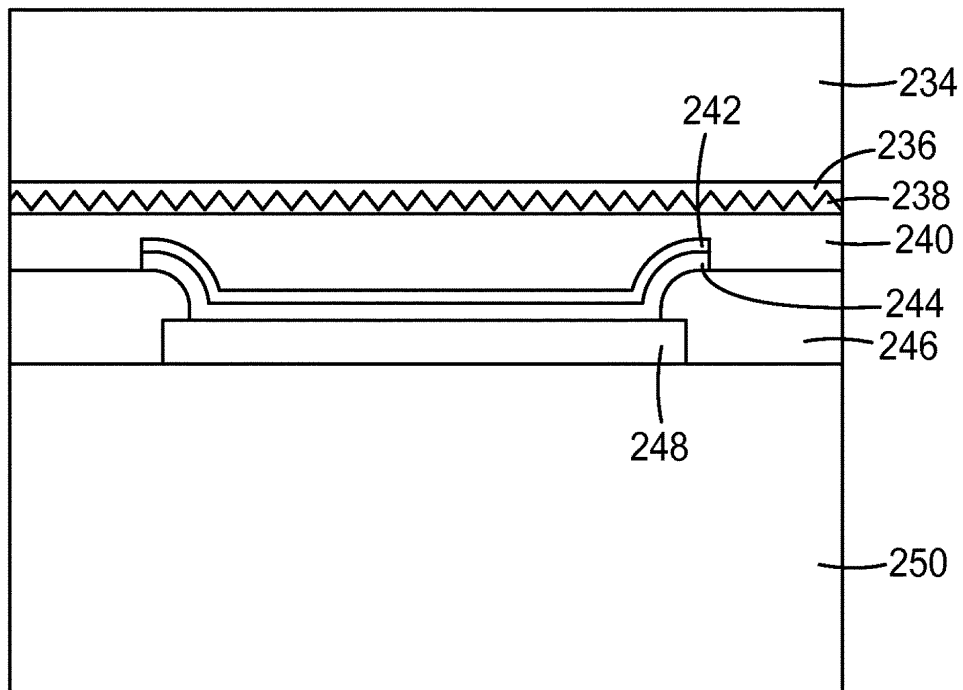
도면14



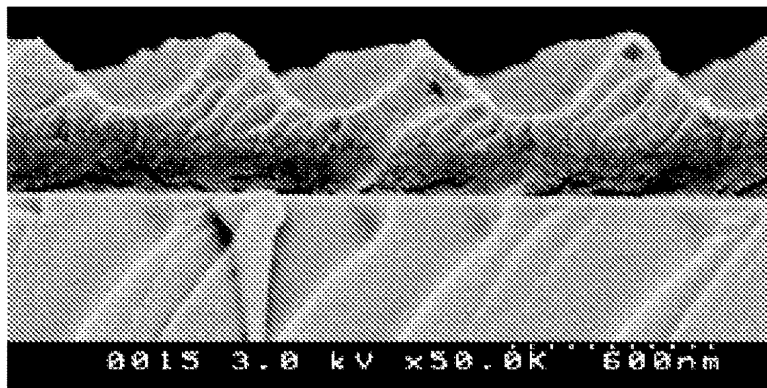
도면15a



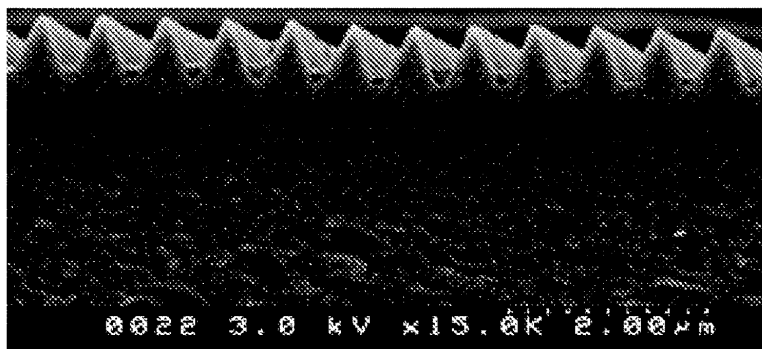
도면15b



도면16



도면17



도면18

