



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0002906
(43) 공개일자 2020년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/18 (2006.01) B29C 33/60 (2006.01)
B29D 11/00 (2006.01) G01B 11/16 (2006.01)
G02B 1/14 (2014.01) B29K 105/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 5/1852 (2013.01)
B29C 33/60 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7033546
(22) 출원일자(국제) 2018년04월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2019년11월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/028103
(87) 국제공개번호 WO 2018/195159
국제공개일자 2018년10월25일
(30) 우선권주장
15/490,566 2017년04월18일 미국(US)

(71) 출원인
사우디 아라비안 오일 컴퍼니
사우디 아라비아, 31311, 다란, 이스턴 애비뉴 1
(72) 발명자
보베로, 엔리코
사우디아라비아 31311 다란 피오 박스 11520 사우
디 아라비안 오일 컴퍼니 내
피흐리, 아지즈
사우디아라비아 31311 다란 피오 박스 11520 사우
디 아라비안 오일 컴퍼니 내
알-샤흐라니, 압둘라, 에이.
사우디아라비아 31311 다란 피오 박스 11520 사우
디 아라비안 오일 컴퍼니 내
(74) 대리인
양영준, 이상영

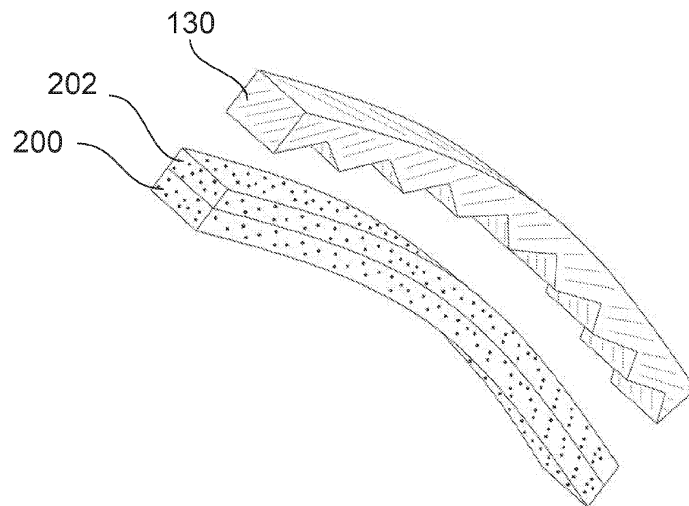
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 소재 모니터링을 위한 지능형 광 구조의 제조 방법

(57) 요약

제1 소재를 포함하는 고형 기판(200)의 표면 상에 광 구조(photonic structure)를 제조하는 방법은 상기 고형 기판(200)의 상기 표면 상에 상기 제1 소재의 변형 가능한 층(202)을 증착시키는 단계, 상기 변형 가능한 층(202)에 광 구조 패턴을 지니는 몰드(130)를 양각하는 단계 및 고화된 층에 영구적인 광 구조들을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층(202)을 상기 몰드와 함께 상기 고형 기판(200)의 상기 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2b



(52) CPC특허분류

B29D 11/00769 (2013.01)

G01B 11/165 (2013.01)

G02B 1/14 (2015.01)

B29K 2105/0094 (2013.01)

B29K 2883/00 (2019.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제1 소재를 포함하는 고휘 기관의 표면 상에 광 구조(photonic structure)를 제조하는 방법으로서,
상기 고휘 기관의 상기 표면 상에 상기 제1 소재의 변형 가능한 층을 증착시키는 단계;
상기 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 양각하는 단계; 및
고화된 층에 영구적인 광 구조들을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층을 상기 몰드와 함께 상기 고휘 기관의 상기 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 광 구조는 적어도 하나의 차원을 따라 배열된 주기적인 피쳐들을 포함하는, 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 주기적인 피쳐들은 회절 격자를 형성하는, 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서, 상기 주기적인 피쳐들은 2차원으로 배열되는, 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 변형 가능한 층은 상기 층이 상기 기관 상에 증착될 때 유체, 반점성 또는 점성 형태 중 하나로 증착되는, 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 제1 소재는 폴리머 수지를 포함하는, 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 폴리머 수지의 상기 변형 가능한 층은 PDMS 몰드를 사용하여 양각되기에 충분히 낮은 기온에서 점성을 갖도록 선택되는, 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 폴리머 수지의 상기 변형 가능한 층은 상기 수지가 상기 기관 상에 증착될 때 범위가 100 cP에서 5000 cP에 이르는 점성을 갖는, 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 고화시키는 단계는 결정화, 열경화, 용매 증발, 유리화, 자기 유변 전이 및 응결 중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 상기 몰드는 폴리디메틸실록산(PDMS)으로 구성되는, 방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 고화된 층의 제1 소재가 상기 기관의 표면의 상기 제1 소재와 가교 결합을 형성하는, 방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

양각 이전에 상기 몰드에 상기 몰드와 상기 제1 소재의 상기 고형화된 층 간 점착을 방지하기 위한 점착 방지층을 추가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 점착 방지층은 단층을 포함하는, 방법.

청구항 14

청구항 1에 있어서,

양각 이전에 상기 몰드에 상기 몰드와 상기 제1 소재의 상기 고형화된 층 간 점착을 방지하기 위한 점착 방지층을 추가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서, 상기 점착 방지층은 단층을 포함하는, 방법.

청구항 16

청구항 1에 있어서,

양각 이전에 상기 몰드에 고화시 상기 변형 가능한 층의 속성들을 변형시키기 위한 층을 추가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서, 추가된 상기 층은 보호 막을 포함하는, 방법.

청구항 18

청구항 16에 있어서, 추가된 상기 층은 상기 광 구조의 광학 속성들을 변형시키는, 방법.

청구항 19

청구항 1에 있어서,

양각 이전에 상기 변형 가능한 층에 고화시 상기 변형 가능한 층의 속성들을 변형시키기 위한 층을 추가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 20

청구항 19에 있어서, 추가된 상기 층은 보호 막을 포함하는, 방법.

청구항 21

청구항 19에 있어서, 추가된 상기 층은 상기 광 구조의 광학 속성들을 변형시키는, 방법.

청구항 22

고형 기관의 표면 상에 광 구조(photonic structure)를 제조하는 방법으로서,

상기 고형 기관의 상기 표면 상에 변형 가능한 층을 증착시키는 단계;

상기 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 양각하는 단계; 및

고화된 층에 영구적인 광 구조들을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층을 상기 몰드와 함께 상기 고형 기관의 상기 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함하며,

상기 변형 가능한 층은 상기 기관에 상기 고화된 층을 단단히 내장시키기 위해 고화 동안 상기 기관과 가교 결

합 집합을 형성하는, 방법.

청구항 23

단계들을 수행함으로써 제1 소재를 포함하는 고형 기관의 표면 상에 형성되는 광 구조(photonic structure)로서, 상기 단계들은

상기 고형 기관의 상기 표면 상에 상기 제1 소재의 변형 가능한 층을 증착시키는 단계;

상기 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 양각하는 단계; 및

고화된 층에 영구적인 광 구조들을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층을 상기 몰드와 함께 상기 고형 기관의 상기 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함하는, 광 구조.

청구항 24

단계들을 수행함으로써 고형 기관의 표면 상에 형성되는 광 구조(photonic structure)로서, 상기 단계들은

상기 고형 기관의 상기 표면 상에 변형 가능한 층을 증착시키는 단계;

상기 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 양각하는 단계; 및

고화된 층에 영구적인 광 구조들을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층을 상기 몰드와 함께 상기 고형 기관의 상기 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함하며,

상기 변형 가능한 층은 상기 기관에 상기 고화된 층을 단단히 내장시키기 위해 고화 동안 상기 기관과 가교 결합 집합을 형성하는, 광 구조.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 표면 패터닝에 관한 것으로, 특히 소재 모니터링을 위한 지능형 광 구조의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 산업 장치는 시간이 지남에 따라 부식 및 마모될 수 있는 탱크들 및 파이프 라인들과 같은 인프라 장비를 쓴다. 그러한 장비의 손상 또는 변형을 종래 방법들에 의해 모니터링하는 것은 보통 어렵거나 지나치게 부담이 된다. 편리한 모니터링을 가능하게 하기 위해 "지능형" 소재들을 모니터링될 구조들에 집적할 수 있다. 지능형 소재들에는 전자기 방사선에 반응하는 방식의 변화를 통해 응력, 변형 및/또는 결함의 존재를 나타내는 회절 격자들과 같은 광 소자들이 포함된다. 현장의 구조물들에 지능형 광 소재들을 내장 또는 부착하는 것은 구조물들의 상태를 모니터링하는 비파괴적이고 신뢰할 수 있으며 정확한 방법이라는 것이 밝혀졌다.

[0003] 지능형 소재들을 집적하는 종래 기술들이 갖는 하나의 문제는 모니터링되는 구조들이 보통 크기가 크고 멀리 떨어져 이룬다는 점이다. 원래의 광 구조들을 대규모로 제조하는 방법들은 일반적으로 비용이 많이 들고 특정 유형들의 소재들로 제한되며, 치수들, 형상들 및/또는 프로파일들이 제한되기 때문에 그러한 구조물들에 충분한 지능형 소재를 장비하는 것은 어려운 일이다. 2차원 광 소재들을 제조하기 위한 2가지 주요 전류 기술, 홀로그래픽 기술 및 규칙 기술이 존재한다. 두 기술 모두 제조를 비용 효율적인 방식으로 넓은 면적으로 확장할 수 있는 능력에 한계가 있다. 또한 홀로 그래픽 기술 및 규칙 기술은 일반적으로 유리, 실리카 및 실리콘과 같은 소재들 상에 평평한 표면들을 구성하는 데 적합하고 곡면 및 복잡한 표면을 쉽게 구성하는 데 맞지 않다.

[0004] 따라서, 지능형 소재들을 제조하고 구조들, 특히 표면적이 큰 구조들로 집적시키기 위한 개선되고 비용 효율적인 기술들이 필요하다. 본 발명은 이러한 요구들 중 하나 이상을 해결한다.

발명의 내용

[0005] 본 발명의 일 양태에 따르면, 고형 기관의 표면 상에 광 구조를 제조하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 상기 기관의 표면 상에 상기 기관과 동일한 조성의 변형 가능한 층을 증착시키는 단계, 상기 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 양각하는 단계, 및 그 다음 고화된 층에 영구적인 광 구조들(photonic structures)을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층을 상기 몰드와 함께 상기 고형 기관의 상기 표면과 일체가 되게 고

화시키는 단계를 포함한다.

- [0006] 본 발명의 다른 양태들에 따르면, 상기 광 구조들은 적어도 하나의 차원을 따라 배열된 주기적인 피쳐들을 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 상기 주기적인 피쳐들은 회절 격자를 형성한다. 몇몇 구현 예에서, 상기 주기적인 피쳐들은 2차원으로 배열된다.
- [0007] 본 발명의 다른 양태들에 따르면, 몇몇 실시 예에서, 상기 기관의 표면 및 변형 가능한 층은 폴리머 수지를 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 상기 폴리머 수지는 상기 변형 가능한 층에 대해 가능한 소재들의 비제한적인 리스트로서, 에폭시 또는 에폭시 복합재, 폴리메틸메타크릴레이트 또는 시아노아크릴레이트 시멘트이다. 몇몇 구현 예에서, 상기 변형 가능한 층은 상기 기관의 상기 표면 위에 유체, 반점성 또는 점성 형태로 증착된다. 특정 구현 예들에서, 상기 변형 가능한 층은 범위가 100 cP에서 5000 cP에 이르는 점성을 갖는다.
- [0008] 본 발명의 다른 양태들에 따르면, 몇몇 실시 예에서, 상기 변형 가능한 층은 기존 소재를 부분적으로 용해 또는 용융시킴으로써 생성될 수 있다. 이러한 부분적 용해는 일시적으로 상기 소재들의 상기 표면 부근의 점도를 감소시켜, 그것이 상기 광 구조 패턴을 지니는 상기 몰드로 성형될 수 있게 한다.
- [0009] 본 발명의 다른 양태들에 따르면, 상기 변형 가능한 층은 결정화, 열경화, 열가소, 중합, 용매 증발, 유리화, 자기 유변 전이 및 응결 중 적어도 하나에 의해 고화된다. 몇몇 구현 예에서, 상기 변형 가능한 층의 상기 소재는 고화 동안 상기 기관의 상기 표면과 가교 결합을 형성한다.
- [0010] 본 발명의 또 다른 양태들에 따르면, 특정 실시 예들에서, 상기 몰드는 폴리디메틸실록산으로 구성된다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 양태들에 따르면, 상기 제조 방법은 양각 이전에 상기 몰드에 상기 몰드와 변형 가능한 소재의 상기 고형화된 층 간 점착을 방지하기 위한 점착 방지 층을 추가하는 단계를 더 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 상기 점착 방지 층은 단층 또는 다층을 포함한다. 또 다른 양태들에서, 상기 방법은 양각 이전에 상기 몰드에 고화시 상기 변형 가능한 층의 속성들을 변형시키기 위한 층을 추가하는 단계를 더 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 추가된 상기 층은 보호 막을 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 추가된 상기 층은 상기 광 구조의 광학 속성들을 변형시킨다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 양태들에 따르면, 상기 제조 방법은 양각 이전에 상기 변형 가능한 층에 고화시 상기 변형 가능한 층의 속성들을 변형시키기 위한 층을 추가하는 단계를 더 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 추가된 상기 층은 보호 막을 포함한다. 몇몇 구현 예에서, 추가된 상기 층은 상기 광 구조의 광학 속성들을 변형시킨다.
- [0013] 또 다른 양태에 따르면, 고형 기관의 표면 상에 광 구조를 제조하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 상기 고형 기관의 상기 표면 상에 변형 가능한 층을 증착시키는 단계, 상기 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 양각하는 단계 및 고화된 층에 영구적인 광 구조들(photonic structure)을 형성하기 위한 위치에 상기 변형 가능한 층을 상기 몰드와 함께 상기 고형 기관의 상기 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함하며, 상기 변형 가능한 층은 상기 기관에 상기 고화된 층을 단단히 내장시키기 위해 고화 동안 상기 기관과 가교 결합을 형성한다. 일 구현 예에서, 상기 변형 가능한 층은 상기 고형 기관의 소재와 동일한 소재로 구성된다.
- [0014] 이러한 그리고 다른 양태들, 특징들 및 이점들이 본 발명의 특정 실시 예들에 대한 이하의 구체적인 내용 및 첨부 도면들 및 청구범위로부터 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1a는 본 출원의 대표적인 실시 예에 따른 광 구조들을 제조하는 방법에 대한 시작점, 광 구조를 형성하기 위한 패턴을 포함하는 예시적인 템플릿의 사시도이다.
- 도 1b는 몰딩 화합물이 템플릿의 패턴을 지니는 표면 상에 증착되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예의 후속 단계를 도시하는 사시도이다.
- 도 1c는 몰딩 화합물이 단단한 패턴을 지니는 몰드를 형성하기 위해 큐어링되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예의 후속 단계를 도시하는 사시도이다.
- 도 1d는 패턴을 지니는 몰드가 템플릿에서 제거되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예의 후속 단계를 도시하는 사시도이다.
- 도 1e는 점착 층이 몰드와 템플릿 간에 추가되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예를 도시하는 사시도이다.

도 2a는 변형 가능한 층이 기판 위에 증착되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예의 다른 단계를 도시하는 사시도이다.

도 2b는 패턴을 지니는 몰드가 기판 상의 변형 가능한 층과 접촉하게 되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예의 후속 단계를 도시하는 사시도이다.

도 2c는 템플릿 상에 원래의 광 구조를 제조하기 위해 몰드에 의해 변형 가능한 층이 양각, 브랜딩 등이 되는 본 발명에 따른 제조 방법의 대표적인 실시 예의 후속 단계를 도시하는 사시도이다.

도 2d는 변형 가능한 층이 기판과 집적되고 몰드가 제거되어, 기판의 표면 상에 광 구조를 노출시키는 완전한 제조물을 도시하는 사시도이다.

도 2e는 몰드가 양각된 층과 몰드의 분리를 가능하게 하기 위한 점착 방지 층을 포함하는 본 발명에 따른 제조 방법의 대안적인 실시 예를 도시하는 사시도이다.

도 2f는 광 구조가 추가 보호 및/또는 기능 층을 포함하는 대안적인 완전한 제조물을 도시하는 사시도이다.

도 3은 폴리머 수지의 고화의 세 단계를 유체로부터 부분적 고화되고 최종적으로 완전히 고화된 상태를 도시하는 개략도이다.

도 4는 본 발명의 방법의 일 실시 예에 따라 제조된 광 구조 집합을 포함하는 구조의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 개요로서, 여기서는 다른 목적들 중에서도, 구조적 상태를 모니터링하기에 적합한 광 구조들을 제조하는 방법들이 개시된다. 제1 양태에 따르면, 제조하는 방법은 모니터링될 구조의 표면 상에 유동적이거나 저점도에서 중점도까지의 소재의 변형 가능한 층을 증착시키는 단계를 포함한다(이하, 구조는 "기판"이라 지칭함). 그 다음 증착된 층은 원래 템플릿으로부터 취해지는 표면 패턴을 포함하는 몰드로 양각된다. 템플릿의 표면 패턴은 광 구조에 대응한다. 양각될 때, 증착된 층은 몰드 상의 표면 패턴의 반대인 패턴을 획득하며, 이는 결과적으로 템플릿으로부터 취해진 광 구조 패턴과 동일하다. 광 구조들은 회절 격자, 및/또는 전자기 방사상과 상호 작용하는 다른 구조들을 포함할 수 있다 양각 이후, 유체 또는 반유체의 증착된 층(이제 광 구조를 포함하는)이 그 다음 기판 위 제 자리에 고화된다. 고화시, 증착된 층 및 광 구조는 기판에 고정되게 내장된다.

[0017] 하나 이상의 실시 예에서, 고형 기판의 표면 상에 광 구조를 제조하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 기판의 표면 상에 기판과 동일한 또는 유사한 조성의 변형 가능한 층, 또는 기판에 강한 점착을 야기하는 상이한 소재를 증착시키는 단계, 변형 가능한 층에 광 구조 패턴을 지니는 몰드를 엠보싱하는 단계, 및 그 다음 고화된 층에 영구적인 광 구조들을 형성하기 위한 위치에 변형 가능한 층을 몰드와 함께 고형 기판의 표면과 일체가 되게 고화시키는 단계를 포함한다.

[0018] 몇몇 실시 예에서, 변형 가능한 층 및 기판은 동일한 조성을 가지며, 양자는 가열된 또는 그렇지 않으면 점성 부분이 기존의 고형 부분 상으로 고화시키는 사이에 알려진 강한 결합 반응들(예를 들어, 중합, 결정화)이 일어나는 에폭시와 같은 소재로 구성된다. 이 경우, 변형 가능한 층 및 기판은 변형 가능한 층의 고화시 구분이 안 되게 된다. 다른 실시 예들에서, 변형 가능한 층 및 기판은 그것들이 결합을 촉진하고 그에 따라 점착하는 성분을 공유한다는 점에서 유사한 조성을 갖는다. 예를 들어, 몇몇 구현 예에서, 변형 가능한 층은 에폭시이고 기판은 에폭시 복합재, 즉, 다른 소재들과 혼합된 에폭시이다. 그러한 구현 예들에서, 변형 가능한 층에서의 에폭시 중합체 사슬들은 다른 화합물들 및 소재들이 있더라도, 기판에서의 에폭시의 중합체 사슬들에 결합한다. 다른 실시 예들에서, 변형 가능한 층 및 기판은 에폭시 및 유리와 같은 상이한 조성들을 가지나, 그 소재들은 그럼에도 불구하고 그것들의 화학적 속성들에 의해 결합 반응들을 제공하여, 고화된 층과 기판 간 점착을 지지한다. 여기서 개시된 방법들은 지능형 구조들을 다양한 상이한 유형의 소재들 및 다양한 상이한 구조의 크기들 및 형상들로 제조하는 데 사용될 수 있다.

[0019] 함께 취해지는 도 1a 내지 도 2f는 여기서 개시된 원리들에 따라 광 구조들을 제조하기 위한 방법의 일 실시 예를 도시한다. 방법의 다른 실시 예들에서, 도 1a 내지 도 2f에 도시된 단계들의 부분 집합이 수행될 수 있다. 또한, 다른 실시 예들에서, 그 단계들은 상이한 순서로 수행될 수 있고, 추가 단계들이 수행될 수 있다.

[0020] 이제 도 1a를 참조하면, 템플릿(100)은 광 및/또는 다른 구조들을 제조하기 위한 패턴을 포함 및 저장하는 표면(102)을 포함한다. 템플릿(100)의 표면(102)(상단 또는 하단)은 거의 동일한 거리만큼 서로 이격되는 주기적인 피쳐들(예를 들어, 112, 114)을 포함하도록 패턴링된다. 도시된 예에서, 주기적인 피쳐들(112, 114)은 회절 격

자를 형성하는 것으로 알려져 있는 패턴을 포함하는 톱니 또는 램프 피쳐들이다. 그러나, 상이한 광학적 속성들을 이끌어내기 위한 다른 패턴들이 채용될 수도 있다. 몇몇 구현 예에서, 피쳐들(112, 114) 간 거리는 실제 제한 이외 피쳐들의 크기들에 관한 제한이 없지만, 대략 모니터링되는 구조의 예상되는 변형 크기, 예를 들어, 100 μm 내지 100 나노미터 범위 내이다. 또한 도 1a에 도시된 실시 예에서 피쳐들(112, 114)이 1차원으로 주기적인 것으로 도시되지만, 대안적인 실시 예들에서 템플릿(100)은 표면(102)을 따라 2차원으로 주기적인 피쳐들(동일한 또는 추가 피쳐들)을 포함한다. 템플릿(100)이 재사용 가능한 것으로 의도되기 때문에, 시간이 지나도 변형 없이 패턴을 유지할 내구성 있는 고형 소재 상에 원형을 제조하는 것이 바람직하다. 템플릿(100)이 제조되는 방식에는 제한이 없고 포토리소그래피 및/또는 다른 패턴링 기술들과 같은 공통의 리소그래픽 공정들이 채용되어 템플릿의 패턴링된 피쳐들에 대한 높은 수준의 정밀도를 얻을 수 있다.

[0021] 도 1b는 몰딩 화합물(120)이 템플릿(100)의 패턴링된 표면(102) 상에 증착되는 그 다음의 절차적 단계를 도시한다. 몇몇 실시 예에서, 몰딩 화합물(120)은 탄력성 및 점성 양자를 갖는 탄성 중합체 소재로 구성된다. 적합한 대표적인 탄성 중합체 소재들은 긴 흐름 시간(또는 고온)에서 점성 액체와 같이 거동하고, 짧은 흐름 시간(또는 저온)에서 탄성 고체와 같이 거동하는 PDMS(폴리디메틸실록산)와 같은 실리콘 고무를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다. 몇몇 구현 예에서, 그것이 증착될 때 몰딩 화합물의 점성 범위는 1 cP와 100,000 cP 사이일 수 있다. 몰딩 화합물(120)이 적용될 때 그것은 점진적으로 템플릿(100)의 프로파일의 따른다. 다른 실시 예들에서, 몰딩 화합물(120)은 액체 금속과 같이 뜨겁게 양각하는 데 적합한 소재를 포함할 수 있다. 몰딩 화합물(120)은 주기적인 피쳐들(112, 114)을 커버하기 위해, 전체 표면(102) 위 요구되는 두께까지 증착된다.

[0022] 증착의 완료 이후, 몰딩 화합물(120)은 조작되고 반복적으로 사용될 수 있는 단단하고 유연한 몰드(130)를 형성하는 데 사용되는 소재에 따라 알려져 있는 기술들(예를 들어, 광 또는 열 큐어링, 냉각)을 사용하여 고화된다. 탄성 면에서, 고화된 몰드(130)는 바람직하게는 200-1000 KPa 사이 영률을 갖는다. 도 1c에 도시된 고화된 몰드(130)는 템플릿(100)의 피쳐들(112, 114)에 대응하는 반전 피쳐들(132, 134)을 갖는 표면을 포함한다. 보다 구체적으로, 템플릿의 피쳐들(112, 114)이 돌출된 경우, 몰드(130)의 대응하는 반전 피쳐들(132, 134)은 오목하게 되고, 그 반대도 마찬가지이다.

[0023] 도 1d에 도시된 그 다음 단계에서, 몰드(130)는 예를 들어, 필링에 의해 템플릿(100)에서 제거된다. 몰드(130)는 표면 피쳐들(예를 들어, 132, 134)을 바꾸고/거나 템플릿 상에 어떠한 몰드 소재의 잔여물도 남기지 않고 '가능한 '깨끗이' 제거되는 것이 바람직하다. 고화(또는 그 외)시 일부 몰드 소재는 특정 템플릿 소재들에 대한 점착성이 없다. 자연적으로 점착성이 없는 소재들이 사용될 때, 몰드에 손상을 입히거나 몰드를 바꾸지 않고 템플릿에서 몰드를 제거하는 것이 상대적으로 쉽다. 그러나, 제거는 몇몇 구현 예에서 도 1e에 도시된 바와 같이 몰딩 화합물과 템플릿 사이에 위치될 템플릿(100) 상에 트리클로로(1H, 1H, 2H, 2H-퍼플루오로옥틸) 실란과 같은 액체 또는 단층과 같은 추가 층(140)을 추가함으로써 가능하게 될 수 있다. 추가 층(140)은 피쳐들의 템플릿으로부터 몰드로의 전사를 바꾸지 않기 위해 박막에 적용될 수 있다. 강한 점착을 방지하기 위해 채용될 수 있는 다른 메커니즘은 일단의 표면들에 결합하고 반데르발스 힘 또는 다른 전자기 상호 작용에 기인하여 다른 소재를 화학적으로 밀어내거나 그 외 들러붙지 않는 화학적 작용기를 노출시키는 분자들을 갖는 템플릿 및 몰드 표면들 중 어느 하나 또는 양자의 기능화이다. 예를 들어, 몇몇 구현 예에서, 불화 분자들이 몰드의 표면에 추가되어 이형제로서의 역할을 할 수 있다.

[0024] 이제 모니터링될 구조를 참조하면, 도 2a에서, 소재 층(202)이 기판(200)의 표면 상에 증착된다. 기판(200)은 구조적 상태가 모니터링되도록 의도되는 고형 구조이다. 통상적으로 모니터링되는 구조들은 시간이 지남에 따라 변형 및 부식될 수 있는 파이프라인들, 저장 탱크들 및 임의의 다른 용기들을 포함한, 기판들이 그렇게 제한되지는 않는다. 증착된 층(202)은 상 범위가 액체에서 점성이 있는 반액체에 이를 수 있다. 몇몇 구현 예에서, 증착된 층(202)의 점성은 그것이 증착될 때 100-5000 cP이나, 어떤 경우든 양각될 때 변형되기에 그리고 압력을 받아 몰딩된 패턴에 따르기에 충분히 유연할 수 있다. 보다 일반적으로, 증착된 층(202)의 점성은 몰드(130)의 경도 및 그에 의해 인가되는 압력에 관계되는 것으로 여겨진다. 증착된 층이 액체 또는 반액체일 때, 양각에 PDMS 몰드가 사용될 수 있다. 증착된 층이 고체이거나 고체로 경화되었을 때, 양각에는 PDMS보다 더 경질인 소재가 사용된다. 몰드(130) 및 변형 가능한 층(202)의 상대적인 점도/경도는 또한 제조되는 광 구조들의 궁극적인 피쳐 크기에 기초하여 선택된다. 제조될 피쳐들이 작을수록, 몰드(130)와 변형 가능한 층(202) 간 경도 차이는 커져야 한다. 작은 피쳐들은 또한 몰드(130)가 상대적으로 경질(저점도)일 것을 필요로 한다. 특정 구현 예들에서, 층(202)은 특정 제어 가능한 온도/압력 조건들(예를 들어, 10-40°C) 하에서 액체이고 상이한 제어 가능한 조건들 하에서 고화될 수 있는 수지 중합체 소재를 포함한다. 소재에 따라 적합한 고화 기술들은 결정화, 열 경화, 유리화, 용매 증발, 자기 유변 전이, 기계적으로 유발되는 과냉된 액체 결정화 및 응축을 포함한다. 특히

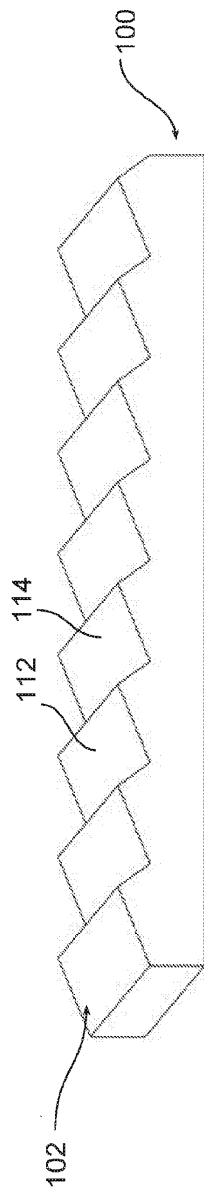
여기서의 목적들에 적합한 수지 중합체는 에폭시, 에폭시 복합재 및 실리콘 수지를 포함한다.

- [0025] 도 2b는 광 구조 패턴의 양각을 층(202) 상에 개시하기 위해 층(202) 위에 위치되는 몰드(130)를 도시한다. 몰드가 층(202) 상에 새겨지고 양각할 때, 층은 몰드의 패턴화된 표면에 의해 보여지는 다양한 돌출부 및 오목부에 따른다. 증착된 층(202)의 소재에 따라, 몰드(130)는 또한 뜨거운 양각으로 알려져 있는 기술을 사용하여 층(202)을 보다 유연하게 만들기 위해 가열될 수도 있다. 모사 동안 발생할 수 있는 문제들을 최소화하기 위해 전사 절차들의 수를 최소화하는 것이 유익하지만, 임의의 수의 중간 몰드 및 전사가 이용되어 각 단계에 수반되는 소재들의 호환성을 최적화할 수 있다.
- [0026] 그 다음 단계에서, 층(202)은 몰드의 제거 이전 고화되며, 이는 층(202) 상에 양각되는 패턴을 영구적으로 만든다. 도 2c는 층(202)이 기관(200)과 이음매 없이 큐어링 및 집적되어 내장된 구조(206)로 조합되며, 층과 기관 간 불연속성이 제거되는 일 실시 예를 도시한다. 내장된 구조(206)는 템플릿(100)의 피쳐들(112, 114)에 대응하는 피쳐들(212, 214)을 갖는 표면 패턴을 포함한다.
- [0027] 층(202)과 기관(200) 간 이음매 없는 집적은 층(202) 및 기관 표면(200)의 화학적 조성이 동일하거나 그 외 중합체 가교 결합 반응을 할 수 있을 때 가능하게 된다. 보다 구체적으로, 그것은 특히 기관(200)이 에폭시 또는 에폭시 복합재와 같은 피복 경화한 수지 소재로 구성되거나 그것을 포함하며, 이 위에 동일한 소재의 변형 가능한 층이 증착될 수 있을 때 바람직하다. 일례로, 점성 에폭시 층이 고형 에폭시 기관 위에 증착될 때, 증착된 층은 고화시 하지의 기관과 강한 접착을 형성하고 이음매 없이 집적할 수 있으며, 이는 몰딩된 층(202)과 기관(200) 간 점착 문제들을 극적으로 감소시킨다. 도 3은 에폭시와 같은 폴리머 수지가 고화 공정 동안 유체로부터 부분적으로 고화되고 그리고 최종적으로 완전히 고화된 상태로 비가역적인 가교 결합 반응을 어떻게 거치는지를 도시하는 개략도이다. 고화된 상태에서, 중합체 분자들은 복합적인 3차원 망 또는 기질을 형성한다. 동일한 화학적 메커니즘은 특히 층 및 기관의 조성들이 도 2c의 실시 예에 나타난 바와 유사한 가교 결합 성향들을 가질 때, 큐어링 공정 동안 층(202) 및 기관(200)의 분자들 간 결합 형성을 가능하게 한다. 그에 따라 몇몇 실시 예에서는 몰딩된 층 및 기관에 대해 동일하거나 유사한 소재들을 사용하는 것이 바람직하지만, 다른 구현 예들에서는 몰딩된 층과 기관 간 점착이 내장된 구조의 분리 또는 분할을 방지하기에 충분하기 때문에 그것이 요구되지 않는다.
- [0028] 내장된 구조(206)가 충분히 고화되면, 몰드(130)가 구조에서 제거된다. 몰드가 제거된 후 내장된 구조의 섹션이 도 2d에 도시된다. 대부분 구현 예에서, 구조(206)가 모니터링될 주변 구조에 집적될 것이라는 것 그리고 구조(206)는 단지 예시 목적들을 위해 독립적으로 도시된 것이라는 것이 주의된다. 도시된 바와 같이, 구조(206)의 표면(211)은 템플릿(100)의 원래 패턴을 모사하며, 피쳐들(예를 들어, 212, 214)이 회절 격자를 형성한다.
- [0029] 몇몇 구현 예에서, 몰드(130)의 구조(206)에서의 제거는 도 2e에 도시된 바와 같이 몰드(130) 상에 트리클로로(1H, 1H, 2H, 2H-피플루오로옥틸) 실란과 같이 액체 또는 단층과 같은 추가 층(240)을 추가함으로써 제조될 수 있다. 추가 층(240)은 피쳐들의 템플릿으로부터 몰드로의 전사를 바꾸지 않기 위해 박막에 적용될 수 있다. 몰드(130)는 또한 몰드(130)에 결합하고 구조(206)의 표면을 화학적으로 밀어내거나 그 외 표면에 들러붙지 않는 화학적 작용기를 노출시키는 분자들로 기능화될 수 있다. 도 2e가 몰드(130)의 표면에 추가되는 추가 층(240)을 도시하지만, 몰드(130) 및 구조(206)의 깨끗한 분리를 가능하게 하기 위한 추가 층들이 몰드(130) 및 구조(206) 양자에 동시에 추가될 수 있다.
- [0030] 또한, 몇몇 구현 예에서, 도 2f에 도시된 바와 같이, 보호 및/또는 기능적 층(250)이 구조의 강도를 향상시키기 위해, 또는 적용에 적합한 구체적인 속성들, 이를테면 광 코팅을 위해 개선된 반사를 추가하기 위해 내장된 구조(206)의 표면에 추가된다. 보호 및/또는 기능 층(250)에 대한 소재들의 예들은 금속들, 층들, 단층들 이를테면 트리클로로(1H, 1H, 2H, 2H-피플루오로옥틸) 실란, 세라믹, 유리 및 폴리머를 포함한다. 층(250)이 점착 방지 층(240) 대신 또는 이와 조합하여 사용될 수 있고 양각 공정 동안 몰드(130)와의 접촉에 의해 동일한 방식으로 추가될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 층(250)은 구조(206)의 완성된 표면 상에 직접 추가될 수 있다. 몇몇 구현 예에서, 알루미늄 또는 크롬 층이 반사를 촉진하기 위해 추가될 수 있다. 몇몇 구현 예에서, 추가 에폭시 층이 보호를 위해 추가될 수 있다. 특정 구현 예들에서, 알루미늄 또는 크롬 층 및 위에 가로놓이는 에폭시 층 양자가 추가될 수 있다. 이러한 임의적인 단계들의 각각은 이를테면 균일한 두께 층들의 종래 증착을 포함할 수 있다. 그렇게 형성된 구조(400) 위에 추가되는 임의의 층들은 광 구조들의 검사를 위해 사용되는 방사선의 파장(들)을 통과한다는 것이 중요하다. 다시 상술한 바와 같이, 임의의 중간 단계들 동안(예를 들어, 중간 몰드들의 제조시) 다시 보호 및 점착 방지 층들이 최종 소재를 초기 기관으로서 재사용하는 사이클들에 수반되는 인터페이스들 및 표면들 중 임의의 것에 추가될 수 있다는 것이 주의된다.

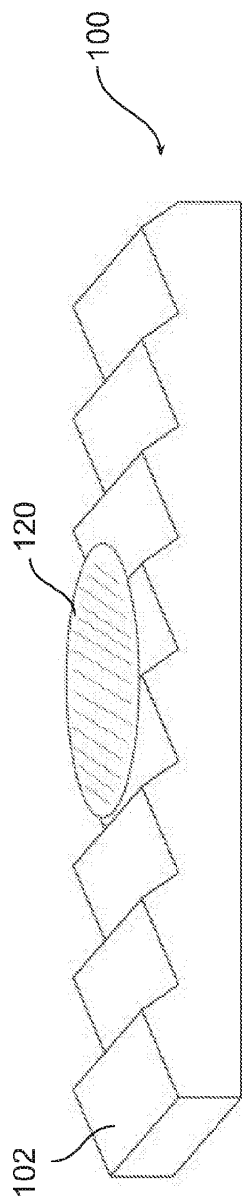
- [0031] 개시된 제조 방법들의 실제 적용이 주기적인 구조들(예를 들어, 412, 414, 418)이 확정되는 곡면(402)을 갖는 구조(400)의 사시도인 도 4에 도시된다. 도시된 구현 예에서, 구조들(412, 414)은 구조(402)를 따라 길이 방향으로 배향되는 격자의 부분을 형성하는 한편, 구조(418)는 구조들(412, 414)에 원주 방향으로 수직하게 배향되는 격자의 부분을 형성한다. 구조들(412, 414, 418) 간 상대적인 거리는 예를 들어, 파이프 라인에 사용되는 파이프와 같은 객체에 대한 격자 피쳐들 간 실제 거리들을 나타내지는 않는다는 것이 주의된다. 상술한 바와 같이, 피쳐들(412, 414, 418)의 크기는 모니터링되도록 추구되는 구조의 예상되는 작은 변화의 크기를 고려하여 확정될 수 있다.
- [0032] 개시된 제조 방법들은 몇몇 바람직한 피쳐를 제공한다. 두드러지게, 일반적으로 제조 비용이 비싼 구조들의 모사는 불규칙적인 프로파일들을 갖는 넓은 면적에 대해 거의 또는 전혀 비용이 들지 않게 수행될 수 있다. 뿐만 아니라, 최종 구조들이 후속 절차들에서 몰드를 생성하기 위한 템플릿으로서 사용될 수 있기 때문에, 마스터 템플릿들을 마모시키지 않고 제조 절차들을 무기한 반복할 수 있다. 이는 몰드 변형을 최소화하는 데 특히 바람직할 수 있다. 또한, 개시된 제조 방법들은 원형, 타원형, 볼록, 오목 및 다른 비선형 표면들을 비롯한 다양한 표면에 적용 가능하다.
- [0033] 개시된 방법들은 나노미터 내지 마이크로미터 정도의 피쳐들을 나타내는 회절 속성들을 갖는 구조들을 참조하여 설명되었지만, 개시된 방법들은 상이한 크기 범위들의 피쳐들을 갖는 구조들을 모사하도록 확장될 수 있다. 따라서, 상술한 방법들은 무기한 대규모에서 원자 규모까지 이용될 수 있다. 반대로, 예를 들어, 밀리미터, 센티미터 또는 그 이상의 정도의 더 큰 규모의 구조물의 모사와 관련하여, 미립자, 겔, 현탁액 등을 비롯한 구조적 패턴들을 양각하기 위해 더 넓은 범위의 소재들이 사용될 수 있다.
- [0034] 여기서 개시된 임의의 구조적 및 기능적 세부 사항들은 시스템들 및 방법들을 제한하는 것으로 해석되지 않고, 당업자에게 방법들을 구현하기 위한 하나 이상의 방법을 교시하기 위한 대표적인 실시 예 및/또는 배치로서 제공되는 것으로 이해되어야 한다.
- [0035] 전술한 설명의 많은 부분이 광 소재들을 주입하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이었지만, 여기서 개시된 방법들은 언급된 시나리오들을 넘어선 시나리오들, 상황들 및 설정들에서 다른 '지능형' 구조들과 유사하게 전개될 수 있음을 이해해야 한다. 또한 임의의 그러한 구현 예 및/또는 배치가 여기서 설명된 시스템 및 방법들의 범위 내에 있음을 이해해야 한다.
- [0036] 도면들에서 유사한 숫자들은 여러 도면을 통해 유사한 요소들을 나타내고, 도면들을 참조하여 설명되고 도시된 모든 구성요소 및/또는 단계가 모든 실시 예 또는 배치에 요구되는 것은 아님을 이해해야 한다.
- [0037] 여기서 사용한 용어는 단지 특정 실시 예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 여기서 사용될 때, 단수 표현들은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한 본 명세서에서 사용될 때, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어들은 언급된 특징들, 정수들, 단계들, 동작들, 요소들 및/또는 구성요소들의 존재를 명시하지만, 하나 이상의 다른 특징, 정수, 단계, 동작, 요소, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지는 않는 것으로 이해될 것이다.
- [0038] 배향의 용어들은 여기서 단지 범례 및 참조를 목적으로 사용되고, 제한적인 것으로 해석되어서는 안 된다. 그러나, 이러한 용어들은 뷰어를 참조하여 사용될 수 있는 것으로 인식된다. 따라서, 어떠한 제한도 암시되거나 유추되지 않는다.
- [0039] 또한, 여기서 사용된 어구 및 용어는 설명을 위한 것으로, 제한적인 것으로 간주되어서는 안 된다. 여기서 "포함한", "포함하는" 또는 "갖는", "함유하는", "수반하는" 및 이들의 어미 변화형들의 사용은 그 이후에 열거되는 항목들 및 그것들의 등가물들 뿐만 아니라 추가 항목들을 포함하는 것으로 의도된다.
- [0040] 본 발명이 대표적인 실시 예들을 참조하여 설명되었지만, 당업자들에 의해 본 발명의 사상에서 벗어나지 않고 다양한 변경이 이루어질 수 있고 요소들이 등가물들로 대체될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 본질적인 범위를 벗어나지 않으면서 특정 기기, 상황 또는 소재를 본 발명의 교시 내용에 적응시키기 위한 많은 변형이 당업자에게 이해될 것이다. 그러므로, 본 발명은 본 발명을 수행하기 위해 고려된 최적의 모드로서 개시된 특정 실시 예로 제한되지 않으며, 본 발명은 첨부된 청구 범위의 범주 내에 속하는 모든 실시 예를 포함할 것으로 의도된다.

도면

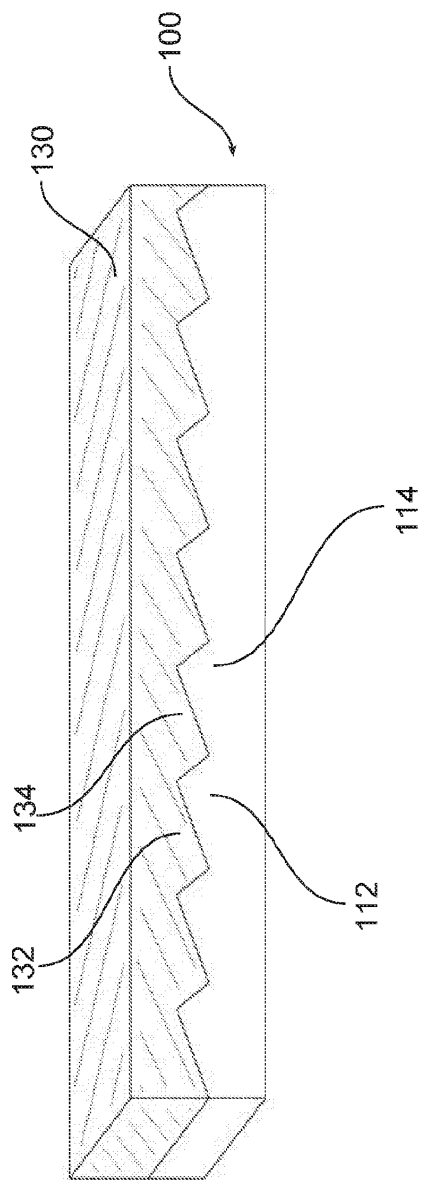
도면1a



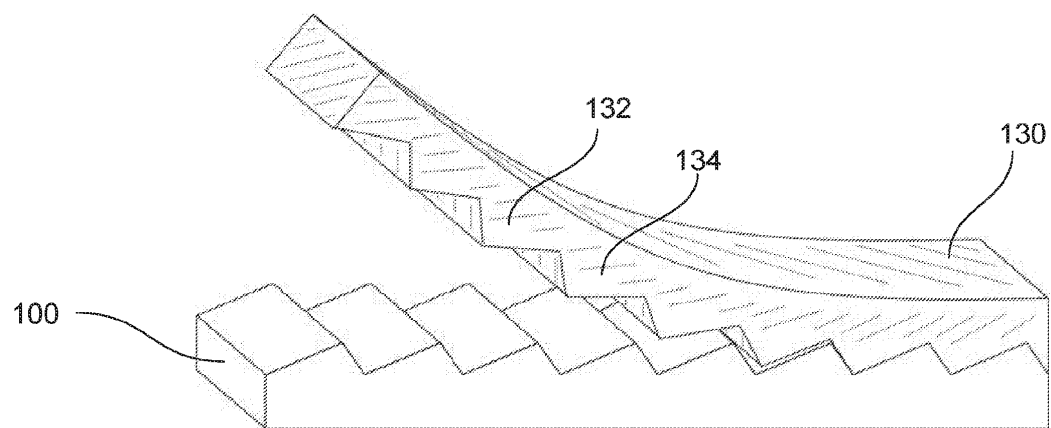
도면1b



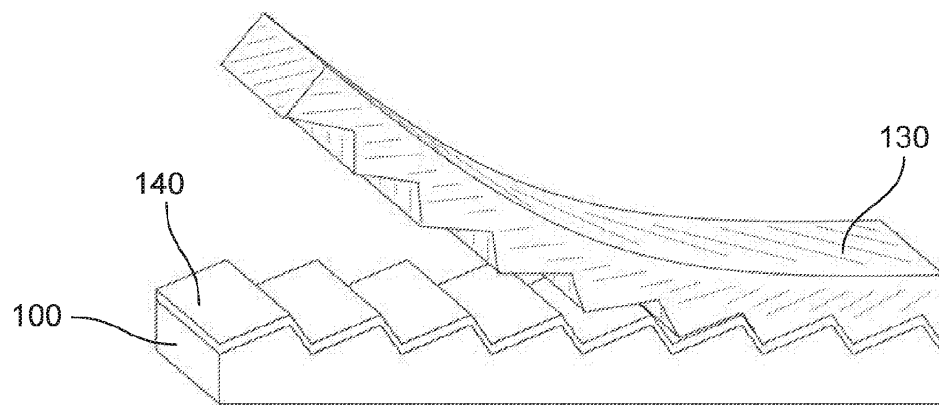
도면1c



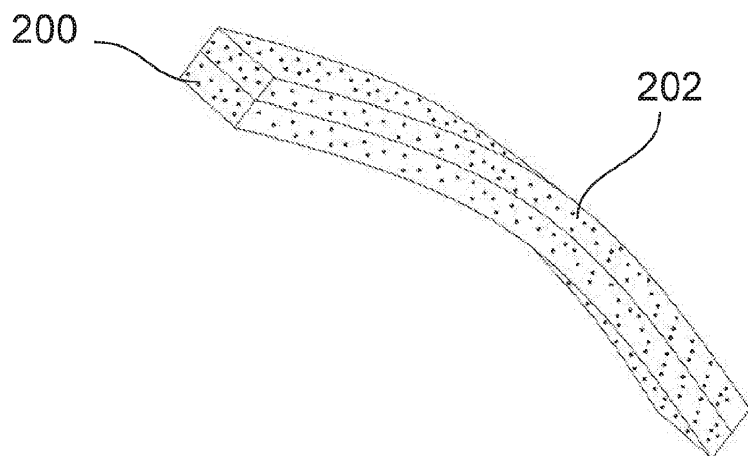
도면1d



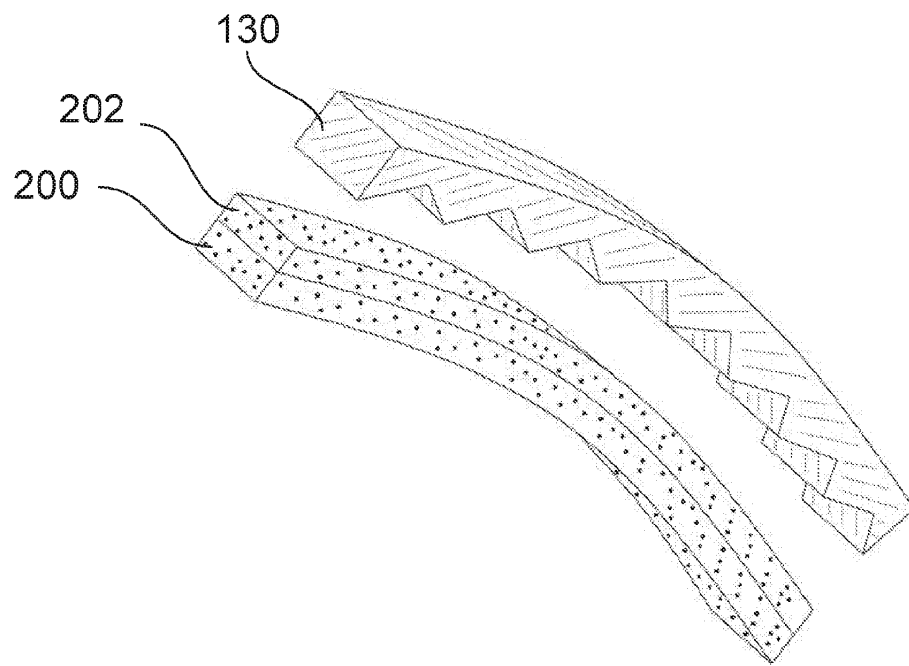
도면1e



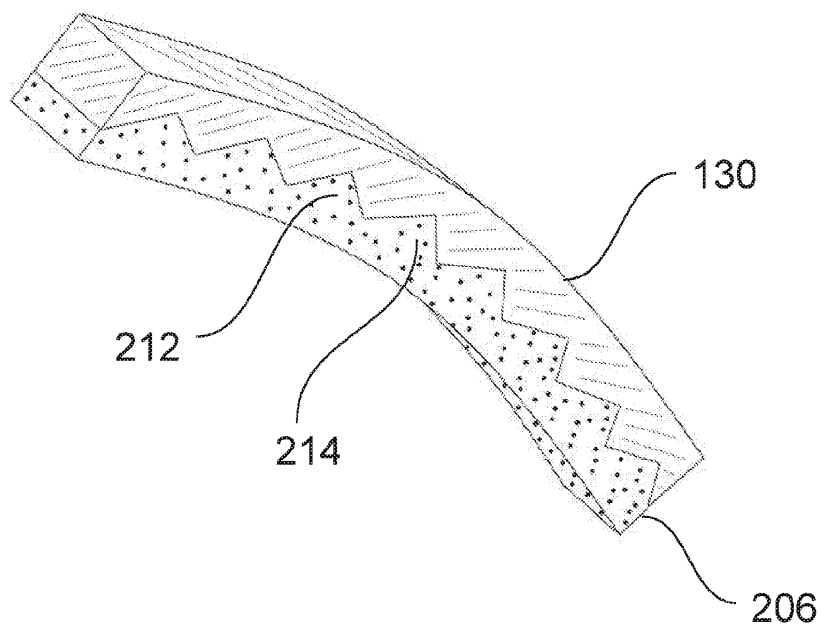
도면2a



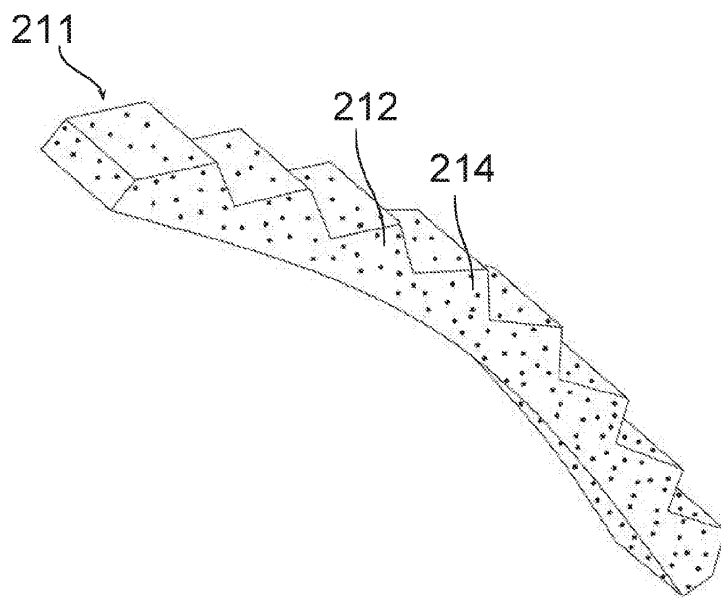
도면2b



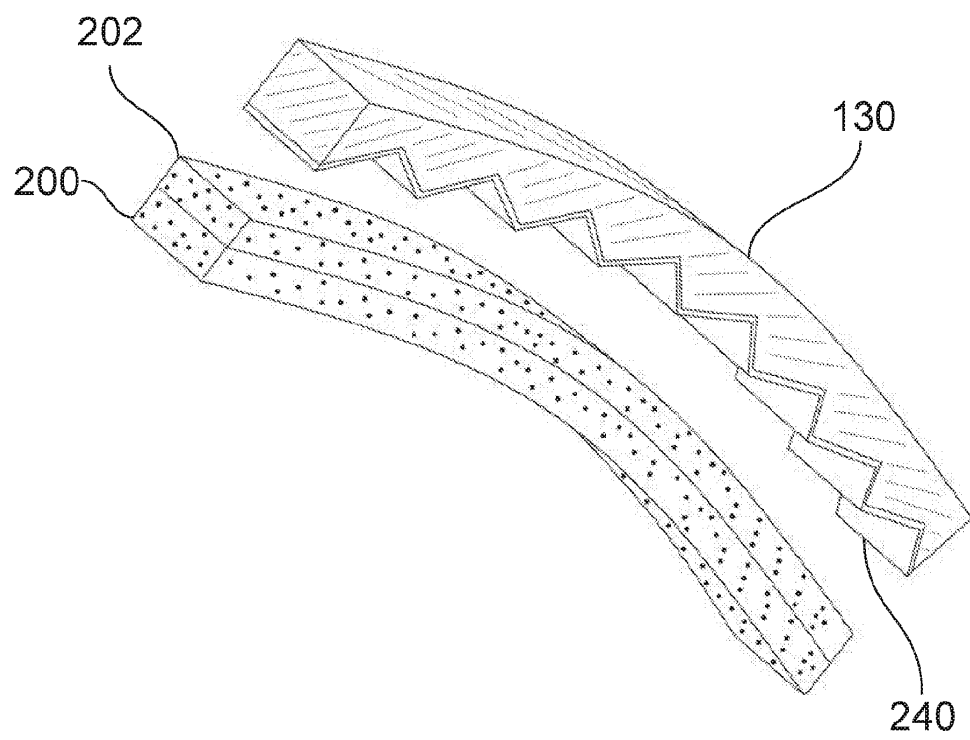
도면2c



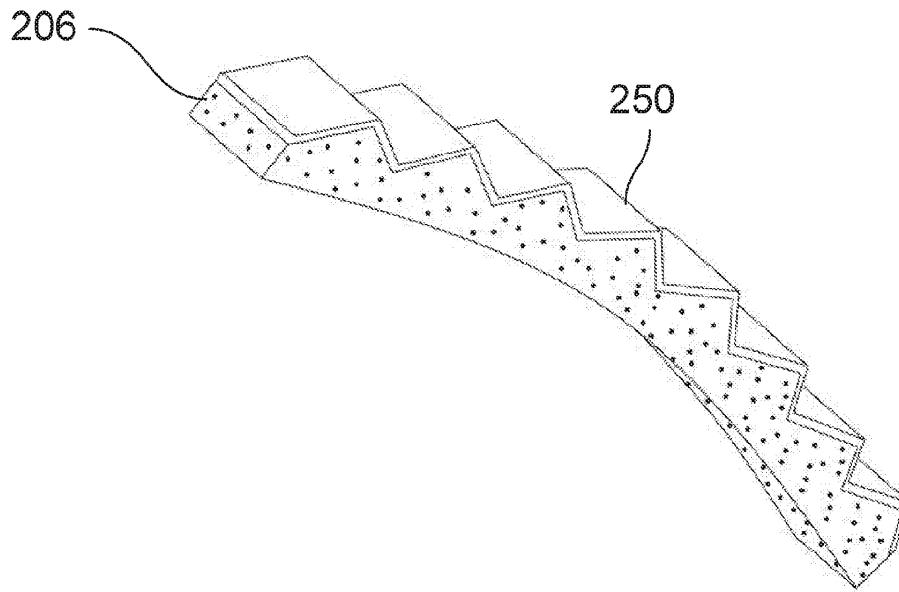
도면2d



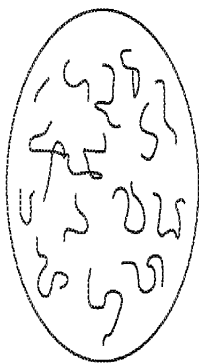
도면2e



도면2f



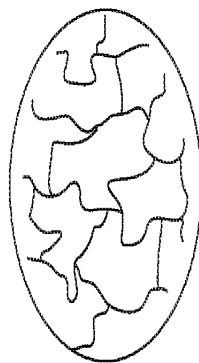
도면3



큐어링되지 않음



부분적으로 큐어링됨



완전히 큐어링됨

도면4

