



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0083096
(43) 공개일자 2020년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B41M 3/14 (2006.01) B42D 25/378 (2014.01)
(52) CPC특허분류
B41M 3/14 (2013.01)
B42D 25/378 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2019-0019349
(22) 출원일자 2019년02월19일
심사청구일자 2019년02월19일
(30) 우선권주장
1020180173847 2018년12월31일 대한민국(KR)

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김태성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박준규
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이경훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 24 항

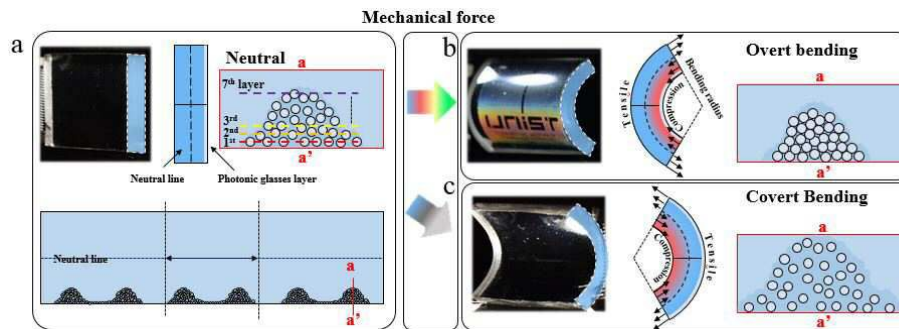
(54) 발명의 명칭 광결정 구조체, 이의 제조방법, 이를 이용한 위조방지 장치

(57) 요약

본 발명은 광결정 구조체에 관한 것으로, 다수의 마이크로 또는 나노 파티클들을 포함하는 자기조립체들; 및 일면에 상기 자기조립체들이 각각 내부에 수용되거나 일부분이 노출되도록 상기 자기조립체들을 각각 감싸는 구조로 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 자기조립체들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 함으로써, 제1 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 제1 구조체를 포함하는 광결정 구조체를 제공한다.

본 발명에 의하면, 다양한 외부 자극에 의한 구조체의 형태 변화를 따라 광결정 내 포함된 마이크로/나노 파티클들 또는 자기조립체들의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하거나 이탈함으로써, 구조색이 숨겨지거나 보여지는 등의 능동적 제어가 가능하다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711067858
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
 연구과제명 나노 패터닝을 위한 “크랙-포토리소그래피” 공정기술 개발
 기 여 율 1/2
 주관기관 울산과학기술원
 연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065952
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 집단연구지원(R&D)
 연구과제명 급속·정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실
 기 여 율 1/2
 주관기관 울산과학기술원
 연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

다수의 마이크로 또는 나노 파티클들을 포함하는 자기조립체들; 및

일면에 상기 자기조립체들이 각각 내부에 수용되거나 일부분이 노출되도록 상기 자기조립체들을 각각 감싸는 구조로 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 자기조립체들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 함으로써, 제1 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 제1 구조체를 포함하는 광결정 구조체.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체들이 상기 제1 구조체의 길이방향과 폭방향을 따라 격자화된 패턴으로 형성되어, 상기 제1 구조체에 가해지는 길이방향 또는 폭방향의 이방성 하중에 의해 형태가 변화되어, 상기 자기조립체들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 하는 광결정 구조체.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체들이 상기 제1 구조체의 길이방향과 폭방향을 따라 격자화된 패턴으로 형성되어, 상기 제1 구조체에 가해지는 길이방향과 폭방향의 복합적 하중인 등방성 하중에 의해 형태가 변화되어, 상기 자기조립체들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 하는 광결정 구조체.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체들이 상기 제1 구조체 내 동일한 계층(Layer)으로 형성된 광결정 구조체.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체들은 잉크젯 프린팅 방식에 의하여 액적 형태로 인쇄되어 형성된 광결정 구조체.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제1 구조체의 타면에 상기 자기조립체들이 각각 내부에 수용되거나 일부분이 노출되게 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 타면에 형성된 자기조립체들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달함으로써, 제2 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 광결정 구조체.

청구항 7

다수의 마이크로 또는 나노 파티클들이 커피-링 형상으로 배치되는 자기조립체; 및

일면에 상기 자기조립체가 커피-링 형상의 축방향으로 내부에 수용되거나 일부분이 노출되도록 상기 자기조립체를 감싸는 구조로 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 파티클들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 함으로써, 제1 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 제1 구조체를 포함하는 광결정 구조체.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1 구조체의 타면에 상기 자기조립체가 커피-링 형상의 축방향으로 내부에 수용되거나 일부분이 노출되게 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장, 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 타면에 형성된 파티클들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달함으로써, 제2 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 광결정 구조체.

청구항 9

청구항 1 또는 7에 있어서,

상기 제1 구조체의 굴절율이 상기 자기조립체의 96% 내지 104%의 굴절율 값을 가지는 광결정 구조체.

청구항 10

청구항 1 또는 7에 있어서,

상기 제1 구조체의 탄성계수(Young's Modulus)보다 상기 자기조립체의 탄성계수가 더 크게 형성된 광결정 구조체.

청구항 11

청구항 1 또는 7에 있어서,

상기 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의해 형태가 가장 크게 변화되는 계층에 위치한 상기 자기조립체들이 상기 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하여 상기 제1 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 광결정 구조체.

청구항 12

청구항 1 또는 7에 있어서,

상기 제1 광결정의 구조색은 상기 제1 구조체의 변화되는 형태에 따라 각각 다른색으로 나타나는 광결정 구조체.

청구항 13

청구항 1 또는 7에 있어서,

상기 제1 광결정의 구조색은 상기 제1 광결정에 입사되는 조사 각도 또는 사용자의 보기 각도에 따라 각각 다른색으로 나타나는 광결정 구조체.

청구항 14

마이크로 또는 나노 파티클들이 포함된 현탁액을 준비하는 단계;

유리기판을 준비하는 단계;

상기 현탁액을 상기 유리기판에 도포하여 패턴화된 자기조립체들을 형성하는 단계;

고분자 폴리머(Macromolecule Polymer)가 모르타르 형태로 상기 자기조립체들이 각각 내부에 수용되거나 일부분이 노출된 구조의 제1 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 유리기판을 상기 제1 구조체로부터 제거하는 단계를 포함하는 광결정 구조체 제조방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 현탁액을 준비하는 단계는,

단분산(mono-dispersed) 실리카(silica)용액을 원심분리하여 단분산 실리카 펠릿(Pellet)을 추출하는 단계;

상기 추출된 단분산 실리카 펠릿을 포름아미드(formamide, FA)와 혼합하여 실리카 현탁액을 제조하는 단계; 및

실리카 현탁액을 초음파 처리하여 상기 실리카 펠릿을 분산(dispersed)시키는 단계를 포함하는 광결정 구조체의

제조방법.

청구항 16

청구항 14에 있어서,

상기 유리기관을 준비하는 단계는,

상기 유리기관 표면의 친수성을 증가시키거나 소수성을 증가시켜 상기 현탁액의 접촉각을 조절하는 단계를 포함하는 광결정 구조체의 제조방법.

청구항 17

청구항 14에 있어서,

상기 패터화된 복수개의 자기조립체들을 형성하는 단계는,

상기 현탁액이 잉크젯 프린팅 방식에 의하여 액적 형태로 상기 유리기관에 인쇄되는 단계를 포함하는 광결정 구조체의 제조방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 잉크젯 프린팅 방식은,

압전식 드롭-온-디맨드(drop-on-demand) 방식으로, 상기 현탁액과 접촉각이 15° 내지 60° 로 형성되고 상기 유리기관의 온도가 32℃ 이상으로 유지되는 광결정 구조체의 제조방법.

청구항 19

청구항 제14에 있어서,

상기 자기조립체는,

커피-링 형상인 광결정 구조체의 제조방법.

청구항 20

청구항 제14에 있어서,

상기 제1 구조체를 형성하는 단계는,

상기 고분자 폴리머가 PDMS(polydimethylsiloxane)인 광결정 구조체의 제조방법.

청구항 21

청구항 14에 있어서,

상기 제1 구조체를 형성하는 단계는,

상기 모르타르 형태의 고분자 폴리머를 경화하는 단계; 및

상기 경화된 고분자 폴리머를 냉각하는 단계를 포함하는 광결정 구조체 제조방법.

청구항 22

청구항 14에 있어서,

상기 제1 구조체가 형성되는 단계 이후,

복수개의 상기 자기조립체들이 각각 수용되거나 일부분이 노출되는 구조의 제2 구조체가 상기 제1 구조체와 대면하여 접합되는 단계를 더 포함하는 광결정 구조체의 제조방법.

청구항 23

청구항 1, 7 또는 청구항 14에 따른 광결정 구조체를 포함하는 위조방지 장치.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 광결정 구조체가 필름 형태인 위조방지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광결정 구조체와 이를 제조하는 방법 및 이를 이용한 위조방지 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 광결정 구조체의 형태가 변형되면 나노 파티클들의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하여 구조색이 나타나도록 하는 광결정 구조체와 이를 제조하는 방법 및 이를 이용한 위조방지 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 색은 무수히 많은 정보를 포함하고 있다. 색상, 채도, 명도, 대비, 파장 등의 다양한 정보를 포함하고 있어, 이러한 정보들을 적절히 활용할 수 있다면 기존의 위조 방지 수단들을 충분히 대체할 수 있을 것으로 보인다.

[0003] 일반적으로 색의 구현방법은 자체 광원의 빛을 Red, Green, Blue 컬러필터를 투과시켜 색을 구현하거나, 플라스마로부터 나오는 자외선을 형광체와 충돌시키는 방법, 또는 재료 자체에서 전류 흐름에 따라 발광되는 빛을 혼합하는 방법 등의 발광형 방법이 널리 알려져 있으며, 이에 반해 광결정(Photonic Crystal)을 이용하여 자체 광원을 필요로 하지 않고서도 입사되는 특정 파장의 빛을 배제 또는 반사시켜 구조색(structure color)이 발현되는 반사형 방법 등이 알려져 있다.

[0004] 그러나, 발광형 방법은 컬러필터와 발광을 위한 전력이 지속적으로 공급되어야 하는 중대한 문제를 가지고 있고, 기존의 구조색을 이용한 반사형 방법은 컬러 필터 없이 임의의 색상을 구현할 수 있기 때문에 간단한 소자제작 공정으로 야외 시인성이 우수한 초저전력 디스플레이 구현이 가능하다.

[0005] 다만, 구조색을 이용한 반사형 방법은 광밴드갭(Photonic Band Gap: PBG)에 의한 이미지가 빛의 존재하에서 항상 보임(Overt) 형태를 유지할 수밖에 없는 문제를 가지고 있다. 이러한 특성은 위조방지를 위한 필요 정보를 숨기기가 힘들어 광결정의 활용도를 극히 낮추게 되며, 색의 발현 역시 조명각 및 보기각도에 따라 조절되기 때문에 이미지에 내재될 수 있는 정보의 양도 부족한 문제를 안고 있다.

[0006] 이러한 문제로 인해, 기존 광결정을 이용한 위조방지 수단은 활용도가 제한되어 높은 수준의 위조방지 시스템을 구현하는데 한계를 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 특허문헌 (0001) 『대한민국공개특허공보 제10-2018-0126710호, 발명의 명칭: 광결정 필름과 이의 제조방법 및 이를 포함하는 위조방지 물품, (공개일: 2018년11월28일, 출원인: 한국조폐공사, 한국과학기술원)』

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 광결정에 의해 발현되는 색 또는 이미지가 완전히 숨겨지기도(Covert) 하고 필요에 따라 보여지기도(Overt) 하는 위조방지 기술을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일측면에 따르면, 본 발명은, 다수의 마이크로 또는 나노 파티클들을 포함하는 자기조립체들; 및 일면에 상기 자기조립체들이 각각 내부에 수용되거나 일부분이 노출되도록 상기 자

기조립체들을 각각 감싸는 구조로 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 자기조립체들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 함으로써, 제1 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 제1 구조체를 포함하는 광결정 구조체를 제공한다.

[0011] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 다수의 마이크로 또는 나노 파티클들이 커피-링 형상으로 배치되는 자기조립체; 및 일면에 상기 자기조립체가 커피-링 형상의 축방향으로 내부에 수용되거나 일부분이 노출되도록 상기 자기조립체를 감싸는 구조로 형성되며, 외부로부터 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의하여 형태가 변화되어, 상기 파티클들 간의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하도록 함으로써, 제1 광결정의 구조색이 나타나도록 하는 제1 구조체를 포함하는 광결정 구조체를 제공한다.

[0013] 본 발명에 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 마이크로 또는 나노 파티클들이 포함된 현탁액을 준비하는 단계; 유리기판을 준비하는 단계; 상기 현탁액을 상기 유리기판에 도포하여 패터화된 복수개의 자기조립체들을 형성하는 단계; 고분자 폴리머(Macromolecule Polymer)가 모르타르 형태로 상기 복수개의 자기조립체들이 각각 내부에 수용되거나 일부분이 노출된 구조의 제1 구조체를 형성하는 단계; 및 상기 유리기판을 상기 제1 구조체로부터 제거하는 단계를 포함하는 광결정 제조방법을 제공한다.

[0015] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 상기 해결수단에 의하여 제조된 광결정 구조체가 포함하는 위조 방지 장치이다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.

[0017] 첫째, 다양한 외부 자극에 의한 구조체의 형태 변화를 따라 광결정 내 포함된 마이크로/나노 파티클들 또는 자기조립체들의 상대 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하거나 이탈함으로써, 구조색이 숨겨지거나 보여지는 등의 능동적 제어가 가능하다.

[0018] 둘째, 구조체에 가해지는 이방성 하중 또는 등방성 하중에 따라 각각 구조색이 발현되게 할 수 있어, 다양한 입력-반응형 광결정 구조체를 제공할 수 있다.

[0019] 셋째, 하나의 구조체에 복수개의 광결정이 형성되어 구조체의 형태 변화 각각에 매칭된 복수개의 광밴드갭에 의한 이미지를 발현할 수 있다.

[0020] 넷째, 자기조립체와 이를 지지하는 구조체의 굴절율이 유사하여 외부 자극이 없는 상태에서는 고투명한 상태로 구조색을 숨길 수 있다.

[0021] 다섯째, 자기조립체와 구조체의 탄성계수의 차이로 인해 파티클들의 상대 위치가 외부자극에 더욱 민감하게 반응할 수 있다.

[0022] 여섯째, 구조체의 변화되는 형태, 광결정에 입사되는 빛의 조사 각도, 사용자의 보기 각도에 따라 다양한 구조색이 발현되어, 그에 따른 다양한 정보를 제공할 수 있다.

[0023] 일곱째, 마이크로/나노 파티클들이 포함된 자기조립체가 잉크젯 프린팅 방식에 의하여 액적 형태로 인쇄될 수 있어, 보다 저렴하고 간편한 광결정 구조체를 제조할 수 있는 효과를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1 내지 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광결정 구조체를 제조하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4 내지 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 광결정 구조체의 기계적/광학적 특징을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 아래에서, 도 1 내지 도 3을 참조하여 본 발명의 광결정 구조체(100)를 제조하는 방법에 대해 설명한다.

- [0026] 도 1(a)를 참조하면, 우선 광결정을 통해 드러나야 할 컬러 이미지를 흑백 이미지로 변환하여, 잉크젯 프린터의 매트릭스 구조의 인쇄를 위해 바이너리 패턴을 생성한다.(S1100) 이때, 도 1(b)와 같이, 액적 기반 바이너리 패턴 생성을 위한 기본 픽셀 단위의 결정 구조는 높은 중형비의 커피-링 모양의 마이크로 또는 나노 구조이다. 여기서, 커피-링의 형상은 도넛(doughnut) 형태 또는 링(ring) 형상을 의미한다.
- [0027] 이후, 상기 잉크젯 프린터의 잉크로 사용되어질 나노 파티클(110)들이 포함된 현탁액을 준비한다.(S1200)
- [0028] 여기서, 상기 현탁액을 준비하는 과정은 300, 500, 또는 700nm 직경의 단분산(mono-dispersed) 실리카 나노 입자(20%, w/v) 용액을 6500rpm에서 10분간 원심 분리하여 솔벤트를 제거하는 과정(S1210)과, 솔벤트가 제거되어 남은 나노 입자 펠릿(Pellet)을 수집하고 포름아미드(Formamide, FA)와 혼합하여 20%의 나노 입자 현탁액을 제조하는 과정(S1220)과, 혼합되어 제조된 나노 입자 현탁액 내 파티클(110)들을 완전히 분산시키기 위해 소니케이터를 사용하여 용액을 초음파 처리하는 과정(S1230)을 포함한다. 이때, 단분산 실리카 나노 입자 용액은 20%의 파티클(110) 농도를 가지는 증류수를 자연증발 시키기 위한 Formamide를 혼합하며, 물과 Formamide의 비율은 3:1 정도로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0029] 이후, 상기 현탁액이 바이너리 패턴을 따라 도포되어 질 습윤성(wettability) 유리기판(ws)을 준비한다.(S1300)
- [0030] 상기 습윤성 유리기판(ws)을 준비하는 과정은, 화학적 처리가 전혀 되지 않은 유리기판(ws)을 준비하는 과정(S1310)과, 화학적 처리가 전혀 되지 않은 유리기판(ws)에 피라니아(piranha) 용액을 처리하여 친수성을 증가시킨 유리기판(ws)을 준비하는 과정(S1320)과, 화학적 처리가 전혀 되지 않은 유리기판(ws)을 실레인(Silane) 처리하여 소수성을 증가시킨 유리기판(ws)을 준비하는 과정(S1330)이 선택적으로 포함된다.
- [0031] 상술한 습윤성 유리기판의 컨택 앵글은 커피-링 형상의 자기조립체(120)를 만드는데 중요한 역할을 수행한다. 구체적으로, 현탁액의 성분인 물(water), 입자(particle), 포름아미드(formamide)의 비율이 일정할 경우, 표면의 접촉각에 따라 형성되는 패턴을 3종류로 분류할 수 있다. 컨택 앵글이 0° ~ 15° 에서는 단층(monolayer)에 가까운 패턴이 형성되고, 15° ~ 60° 내외까지는 커피링 구조가 형성되며, 그 이상의 소수성 표면에서는 돔 구조가 형성된다.
- [0032] 여기서, 잠시 피라니아 세정 공정(piranha cleaning)을 약술하면, 수산화 암모늄(70 ml), 과산화수소(70 ml) 및 탈 이온수(350 ml)로 구성된 피라니아 용액을 서서히 190°C 로 가열한 후, 유리 슬라이드를 가열된 피라니아 용액에 1시간 동안 담그고, 탈이온수로 세척하여 N_2 가스로 건조시키는 과정을 거친다.
- [0033] 도 1(c)를 참조하면, 앞서 준비된 나노 파티클(110)들이 포함된 현탁액을 상기 습윤성 유리기판(ws)에 도포 및 인쇄하여, 사전 정의된 패턴으로 상기 나노 파티클(110)들을 그레이팅(graiting)함으로써, 복수개의 자기조립체를 형성한다.(S1400)
- [0034] 도 2 참조하면, 상기 자기조립체를 형성하는 단계는 유리기판(ws)의 온도를 32°C 이상으로 유지하는 과정(S1410)과 접촉각이 15° 내지 60° 로 형성된 상태에서 액적 간의 간섭을 방지하기 위해 액적 간 $150\mu\text{m}$ 이상의 간격으로 현탁액을 유리기판(ws)에 도포하는 과정(S1420)과, 현탁액이 도포된 유리기판(ws)을 10분간 100°C 의 오븐에 보관하여 Formamide를 충분히 증발시켜 커피-링 구조의 비정질(amorphous) 자기조립체(120)를 형성하는 과정(S1430)을 포함한다. 이때, 유리기판(ws)의 온도는 32°C 이상, 50°C 이하로 유지되는 것이 바람직하나, 50°C 이상의 온도도 자기조립체를 형성하는데 큰 무리는 없을 것으로 보인다.
- [0035] 여기서, 실리카 나노 파티클(110)의 인쇄 과정을 위해 Dimatix 카트리지가 있는 압전식 드롭-온-디맨드 잉크젯 프린터가 준비되며, 이러한 잉크젯 프린터는 약 $21.5\mu\text{m}$ 의 직경과 $254\mu\text{m}$ 의 간격을 갖는 16개의 독립적인 작동 노즐을 구비하고, 10pℓ의 액적을 지지하며, 액적 중심 간격을 해상도 설정(9dpi)에 따라 $5\mu\text{m}$ 에서 $254\mu\text{m}$ 까지 $1\mu\text{m}$ 단위로 프린터 헤드의 각도를 조절할 수 있고, 진공 펌프가 장착되고 60°C 까지 가열할 수 있는 A4 크기의 기판 테이블이 구비되도록 한다.
- [0036] 도 1(d)를 참조하여, 도포된 현탁액에서 Formamide를 증발시켜 커피-링 구조의 자기조립체(120)가 형성되면, 모르타르 형태의 고분자 폴리머(Macromolecule Polymer)를 자기조립체(120)들 위에 부여, 고분자 폴리머가 자기조립체(120)들 각각을 수용하거나 일부분이 노출되도록 감싸는 구조의 제1 구조체(130)를 형성한다.(S1500)
- [0037] 상기 제1 구조체(130)를 형성하는 과정은 모르타르 형태의 고분자 폴리머를 경화시키기 위해 75°C 에서 3시간 가열하는 과정(S1510)과, 경화된 고분자 폴리머를 30분간 냉각되도록 하는 과정(S1520)을 포함한다. 여기서, 고분자 폴리머는 PDMS(polydimethylsiloxane)가 사용되는 것이 바람직하다.

- [0038] 다음으로, 상기 제1 구조체(130)로부터 유리기관(ws)을 제거함으로써, (S1600) 제1 구조체(130)에 입사되는 빛을 배제 또는 반사하여 구조색을 나타낼 수 있는 제1 광결정 구조체가 형성된다.
- [0039] 도 3을 참조하면, 자기조립체(120)와 제1 구조체(130)의 굴절율은 굴절율의 차가 0.04 이내(즉, 제1 구조체(130)의 굴절율이 자기조립체(120)의 굴절율의 96% 내지 104% 값을 갖는다)로 형성되도록 마련됨으로써, 마이크로 또는 나노 파티클(110)들이 PDMS 매트릭스 상에서 경화되어 자기조립체(120)로 캡슐화되었을 때, 전혀 보이지 않고 동일한 배경에서 매우 투명한(숨겨진) 상태로 유지될 수 있다.
- [0041] 이하에서, 도 4 내지 도 14를 참조하여 본 발명의 광결정 구조체(100)의 기계적 특성과 광학적 특성에 대해 설명한다.
- [0042] 도 4(a)를 참조하면, 외부 자극이 가해지지 않는 광결정 구조체(100)는 기본적으로 0차원 격자를 형성한다. 이는 PDMS와 실리카 파티클(110)들이 가지는 구조적 투명성(photonic glasses)와 비슷한 굴절율($R/\text{silica} - R/\text{PDMS} = 0.04$)로 인하여 빛이 대부분 그대로 투과되기 때문이다. 따라서, 광밴드갭에 의해 나타나는 이미지는 외부 자극이 없는 상태에서 완전하게 숨겨질 수 있다.
- [0043] 도 4(b)를 참조하면, 광결정 구조체(100)의 나노 파티클(110)들이 수용된 면에 압력 하중에 따른 압축된 변형이 일어나는 경우, 나노 파티클(110)들의 상대적 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달함으로써, 설정된 광밴드갭에 의한 구조색이 드러나는(Overt) 1차원 격자로 변형되고, 압력 하중에 따른 인장된 변형이 일어나는 경우, 도 4(c)와 같이, 나노 파티클(110)들의 상대적 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에서 이탈함으로써, 설정된 광밴드갭에 의한 구조색이 나타나지 않는(Covert) 상태가 된다.
- [0044] 한편, 광결정 구조체(100)는 1차원 하중과 그에 따른 변형에 의한 광밴드갭에 의한 구조색이 나타나는 것 뿐만 아니라, 2차원 하중과 그에 따른 변형에 의해서도 광밴드갭에 의한 구조색이 나타날 수 있다.
- [0045] 도 5(a)를 참조하면, 광결정 구조체(100)는 x 축을 기준으로 하는 압력 모멘트 하에서 광밴드갭에 의한 이미지인 무지개와 같은 색상이 y 축을 따라 나타난다. 그러나, y 축을 기준으로 하는 압력 모멘트 하에서는 동일한 이미지가 희미하게 나타나게 되므로, 이는 광결정 구조체(100)에 나노 파티클(110)들이 1차원 구조의 그레이팅된 광밴드갭이 형성되어 있는 것을 의미한다.
- [0046] 또한, 도 5(b)를 참조하면, 광결정 구조체(100)는 투명한 아크릴을 이용하여 나노 파티클(110)들이 수용된 면에 등방향의 압력 하중에 따른 압축된 변형이 일어나는 경우, 역시 나노 파티클(110)들의 상대적 위치가 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하여 구조색이 나타나며(Overt), z 축을 기준으로 하는 회전에 의해서도 그 색이 변하지 않는다. 이는 광결정 구조체(100)에 나노 파티클(110)들이 2차원 구조로 그레이팅된 광밴드갭이 형성되어 있는 것을 의미한다. 반면, 인장된 변형이 일어나는 경우, 기존 비정질(amorphous) 구조가 더 벌어져 나노 파티클(110)들의 그레이팅이 0차원 구조로 변형됨으로써, 광밴드갭에 의한 구조색이 나타나지 않게 된다.
- [0047] 나아가, 서로 다른 이미지의 광밴드갭이 형성된 두 가지의 광결정 구조체(100, 200)를 대칭형으로 cohesion bonding(Plasma bonding)을 이용하여 구조체 간 마주보게 접합함으로써, 두 가지 종류의 설정된 이미지가 나타나게 할 수 있다.
- [0048] 도 6을 참조하면, 제1 광결정에 의한 이미지(패턴-A)와 제2 광결정에 의한 이미지(패턴-B)가 형성된 제1 및 제2 광결정 구조체(100, 200)가 구조체 간 마주보게 접합된 상태에서, 외부 자극에 의해 일면이 압축되고 타면이 인장되는 변형이 일어나게 되는 경우, 구조색이 발현되어 패턴-A가 나타나게 되고, 반대로 일면이 인장되고 타면이 압축되는 변형이 일어나게 되는 경우, 형태와 색깔이 다른 패턴-B가 나타나게 할 수 있다.
- [0049] 다시 말해, 상술한 압축 변형 시 일면에 패턴이 나타나고, 타면의 패턴이 숨겨지게 되며, 인장 변형 시 타면에 패턴이 나타나고, 다시 일면의 패턴이 숨겨지게 되어, 외부 자극에 따른 압력 조건에 따라 다양한 천연색과 이미지를 나타나게 할 수 있다. 이는, 제조되는 광결정 레이어 수에 따라 더 다양한 패턴을 하나의 디바이스 내에 내장할 수 있는 가능성을 보여준다.
- [0050] 도 7을 참조하면, 패턴과 수평한 방향을 x 축으로, 수직인 방향을 y 축으로, 빛이 입사되는 방향을 z 축으로 설정하면, 그레이팅되어 형성된 스펙트럼 띠에 의해 사용자의 보기각에 따라 동일한 이미지의 다양한 구조색이 관측될 수 있다. 이때, 사용자는 사람의 시각일 수 있으나, CCD 카메라와 같은 이미지의 관측 장치일 수 있다.
- [0051] 또한 도 8을 참조하면, 광밴드갭에 의한 2차원 이미지를 구현할 경우, 복수개의 파티클(110)들을 매트릭스 구조

로 배열되게 함으로써, 그레이팅이 등방성을 갖도록 하여 보기 방향과 상관없이 동일한 grating 효과를 얻을 수 있다.

[0052] 도 9(a)을 참조하면, x 방향 굽힘 모멘트로 인하여 형성되는 광결정 구조체(100)는 굽힘 반경에 대하여 동일한 힘을 작용 받는다. 이는 중립축의 아래쪽은 동일한 압축응력을 받고 위쪽은 동일한 인장 응력을 받아 압축 변형과 인장 변형이 일어나게 된다.

[0053] 즉, 동일한 계층(Layer)에서 동일한 변형이 일어나게 되어, 도 8(b) 및 도 8(c)에 도시된 바와 같이, 계층을 7 단계로 나누었을 경우, 1st 계층에서 파티클(110)들이 가장 크게 좁아지게 되어 1st 계층이 그레이팅 효과를 일으킬 수 있는 구조로 변하게 된다. 즉, 광결정 구조체(100)에 가해지는 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의해 형태가 가장 크게 변화되는 계층에 위치한 자기조립체(120)들이 광밴드갭이 형성된 위치에 도달하여 광결정의 구조색이 나타나게 한다.

[0054] 도 10 및 도 11에는 각각 일면에 그레이팅이 형성된 광결정 구조체(100)와 양면에 그레이팅이 형성된 광결정 구조체(100, 200)의 압축과 인장에 따른 나노 파티클(110)들의 상대 위치의 변화가 도시되어 있다.

[0055] 도 12 및 도 13에는 광결정 구조체(100)에 가해지는 기계적 압축, 인장 또는 굽힘 하중에 의한 자기조립체(120)의 커피-링 형상의 내부 구조가 변형되어 각 파티클(110)들의 상대적인 위치 변화가 나타나 있다.

[0056] 도 12(a)와 같이 홀더에 고정된 광결정 구조체(100)를 도 12(b)와 같이 인장시키면 자기조립체(120)의 커피-링 구조는 각각 도 11(c)와 같이 x 축 방향으로 인장되고, y 축 방향으로 압축된다. 따라서, 자기조립체(120) 내 커피-링 구조를 이루는 각각의 나노 파티클(110)들은 인접한 파티클(110)들과의 상대적 위치가 가까워져 광밴드갭이 형성된 위치에 근접할 수 있다. 이에, 도 11(d)와 같이 인장력에 의한 변형량이 증가할수록 그레이팅된 이미지가 선명하게 드러나게 된다. 즉, x 축방향 하중에 의한 변형 시, x 축 방향의 변위를 갖는 부분은 비정질 구역이며, y 축방향의 변위를 갖는 부분은 1차원 그레이팅 구역이다.(도 13 참조)

[0057] 도 14(a)는 광결정 구조체(100)에 인장 하중이 가해지는 경우, 자기조립체(120)의 변화 모식도이고, 도 14(b)는 압축방향 굽힘, 중성 및 인장방향 굽힘과 같은 xz 평면에서 나노 파티클(110)의 3가지 대표적인 단면 분포를 보여주고 있다. 또한, 도 14(c)는 수치 시뮬레이션에 사용된 인접 파티클(110)들 사이의 중심 간 거리 변화를 나타낸 것이며, 도 14(d)에는 인장 및 압축과 같은 기계적 응력이 있을 때 중심 간 입자 거리 분포의 변화를 나타내고 있다.

[0058]

[0059] 본 발명의 광결정 구조체(100)는 입력-반응형 또는 숨김-보임 특성을 이용할 뿐만 아니라, 1차원과 2차원의 차원전환이 가능한 광결정의 기술적 특징을 내재하고 있어, 기존 광결정의 위조방지 수단으로서의 활용도를 한층 높일 수 있어, 보다 높은 수준의 위조방지 시스템을 구현할 수 있다.

[0060] 또한, 전통적으로 광결정을 제조하는 방법은 콜로이드 서스펜전(suspension)을 가만히 놓아 두어 자연적으로 중력에 의해 침전을 시켜서 결정을 형성하는 침전법(natural sedimentation), 젖음성(wetttable)이 있는 기판을 콜로이드 서스펜전 용액에 수직으로 침적한 후, 콜로이드 서스펜전의 용매가 증발함에 따라 기판 위에 결정이 형성되는 대류조립법(convective assembly) 및 외부 전기장을 이용하여 한쪽 기판 위에 결정을 형성하는 전기영동법(electrophoretic deposition) 등이 알려져 있으며, 전기 영동법을 제외한 나머지 광결정 형성 방법은 수 cm^2 크기의 결정을 형성하기 위해서 1~2일 정도의 시간을 소요로 한다. 반면 전기 영동법은 빠른 공정시간 안에 3차원 콜로이드 결정을 형성할 수 있지만, 형성되는 콜로이드 결정의 완성도가 다소 떨어지는 단점 등이 있었으나, 본 발명의 광결정 구조체(100)는 잉크젯 프린터의 잉크젯 기술을 이용하여 마이크로/나노 파티클(110)들을 액적 형태로 분사 및 인쇄함으로써, 광밴드갭이 형성된 광결정을 용이하게 제조할 수 있다.

[0062] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

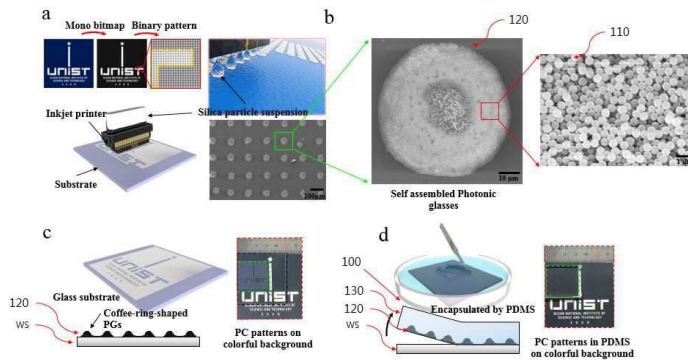
부호의 설명

[0063] 100 : 제1 광결정 구조체

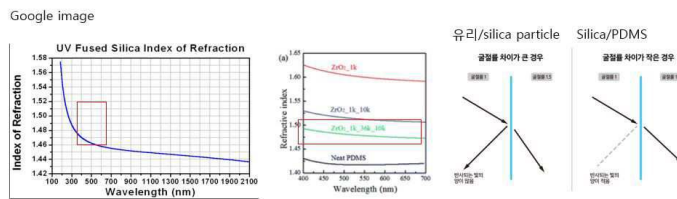
110 : 파티클 120 : 자기조립체
 130 : 제1 구조체
 200 : 제2 광결정 구조체
 WS : 습윤성 유리기관

도면

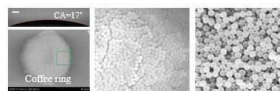
도면1



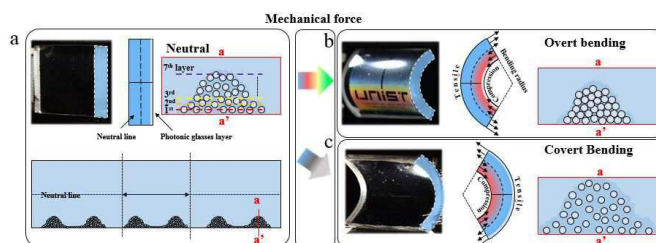
도면2



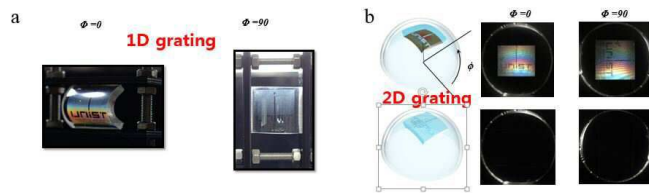
도면3



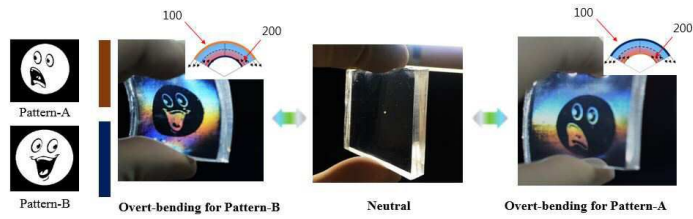
도면4



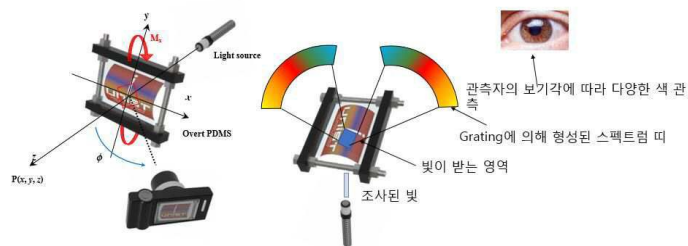
도면5



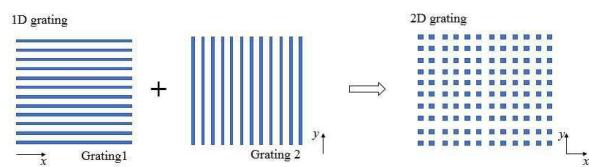
도면6



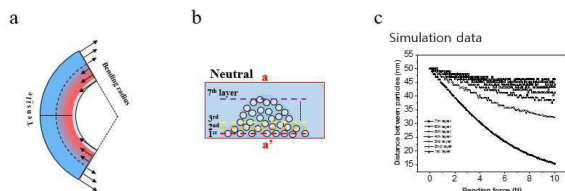
도면7



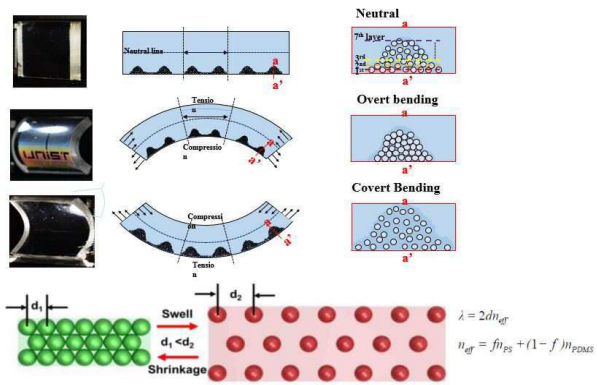
도면8



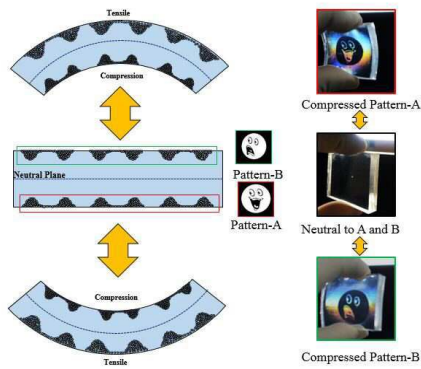
도면9



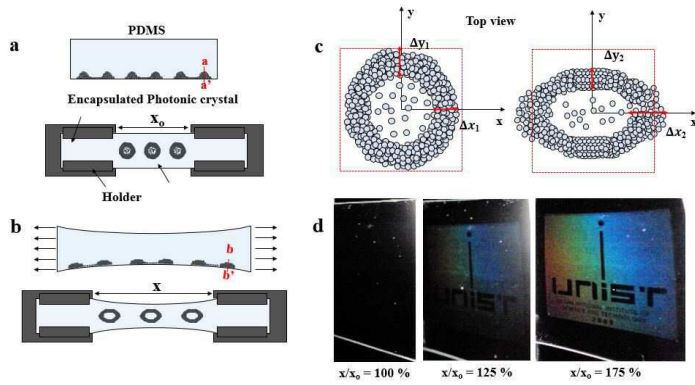
도면10



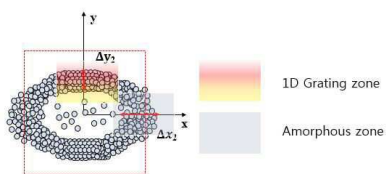
도면11



도면12



도면13



도면14

