



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0083237
(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 10-2019-0169059
(22) 출원일자 2019년12월17일
심사청구일자 2019년12월17일
(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 23 항

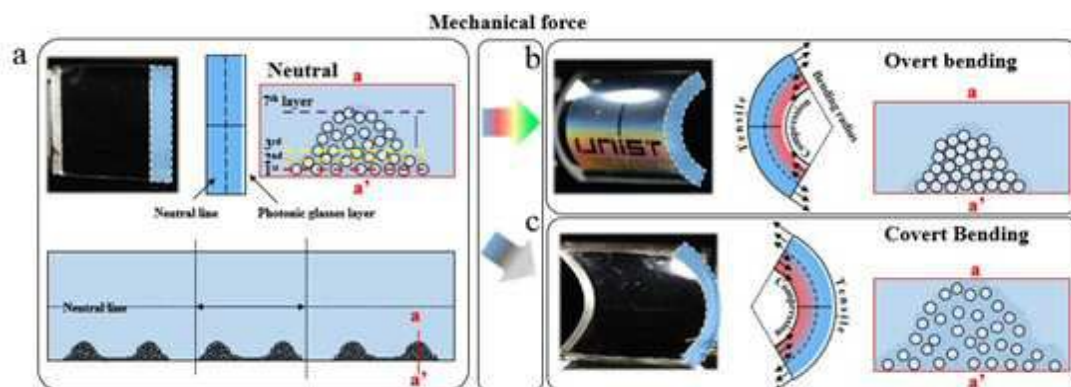
(54) 발명의 명칭 가변형 그레이팅 복합체, 이의 제조방법 및 이를 이용한 위조방지 장치

(57) 요약

본 발명은 가변형 그레이팅 복합체에 관한 것으로, 본 발명은 복수 개의 마이크로 또는 나노 파티클들의 자기 조립에 의해 각각 복수의 층으로 형성되는 복수 개의 자기조립체들; 및 플렉서블한 수지로 형성되어 상기 자기조립체들을 각각 감싸는 구조로 수용하며, 상기 자기조립체들 내부에 각각 함침되는 베이스 기재를 포함하는 제1 구

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5



조체를 포함하고, 상기 제1 구조체는, 외부로부터 가해지는 하중에 의해 상기 제1 베이스 기재의 형태가 변화되면, 상기 수용된 자기조립체들 간의 상대 위치와 상기 자기조립체 내 포함된 상기 파티클들의 상대 위치가 각각 변화되어, 상기 파티클들이 동일 또는 서로 다른 배열을 갖는 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성함으로써, 입사광에 의해 상기 그레이팅 구조에 동일 또는 서로 다른 구조색이 각각 나타나 제1 이미지를 형성하는 가변형 그레이팅 복합체를 제공한다.

본 발명에 의하면, 외부 자극에 의한 베이스 기재의 형태 변화를 따라, 베이스 기재에 수용된 각 자기조립체들의 파티클들이 동일 또는 서로 다른 배열을 갖는 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성함으로써, 형성된 그레이팅 구조에 의해 나타나는 구조색과 그 구조색들이 이루어내는 특정 이미지를 능동적으로 숨겨지게 하거나 보이게 제어할 수 있으며, 하나의 베이스 기재에 각각 다른 구조색을 나타낼 수 있는 복수 개의 자기조립체들이 수용됨으로써, 컬러 필터 없이 각 자기조립체들에 의해 형성되는 특정 이미지를 컬러화 시킬 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711083215
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	나노 패터닝을 위한 “크랙-포토리소그래피” 공정기술 개발
기여율	1/2
주관기관	울산과학기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711087805
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	급속·정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실
기여율	1/2
주관기관	울산과학기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

복수 개의 마이크로 또는 나노 파티클들의 자기 조립에 의해 각각 복수의 층으로 형성되는 복수 개의 자기조립체들; 및 플렉서블한 수지로 형성되어 상기 자기조립체들을 각각 감싸는 구조로 수용하며, 상기 자기조립체들 내부에 각각 함침되는 베이스 기재를 포함하는 제1 구조체를 포함하고,

상기 제1 구조체는,

외부로부터 가해지는 하중에 의해 상기 베이스 기재의 형태가 변화되면, 상기 수용된 자기조립체들 간의 상대 위치와 상기 자기조립체 내 포함된 상기 파티클들의 상대 위치가 각각 변화되어, 상기 파티클들이 동일 또는 서로 다른 배열을 갖는 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성함으로써, 입사광에 의해 상기 그레이팅 구조에 동일 또는 서로 다른 구조색이 각각 나타나 제1 이미지를 형성하는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체들은,

상기 베이스 기재의 길이방향과 또는 너비방향으로 배열된 일정 간격의 패턴으로 배열되거나, 길이방향과 너비 방향을 따라 격자화된 패턴으로 배열되어, 상기 제1 베이스 기재에 가해지는 길이방향 또는 너비방향의 단일 하중인 이방성 하중에 의해 형태가 단방향으로 변화되는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체들은,

상기 베이스 기재의 길이방향과 너비방향을 따라 격자화된 패턴으로 배열되어, 상기 베이스 기재에 가해지는 길이방향과 너비방향을 복합 하중인 등방성 하중에 의해 형태가 양방향으로 변화되는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 베이스 기재는,

압축, 인장, 굽힘 또는 비틀림 하중의 단일 하중 또는 둘 이상의 복합 하중에 의해 형태가 변화되는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 파티클들은,

상기 자기조립체 내에서 자기 조립되는 평면(monolayer) 구조, 커피-링 구조 또는 돔(Dome) 구조를 이루는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 주름 형상의 그레이팅 구조는,

투과 그레이팅(transmission grating) 구조로 형성되어, 상기 입사광이 상기 그레이팅 구조를 투과하여 나오는

회절광 또는 산란광에 의한 구조색이 나타나는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 베이스 기재는,

상기 자기조립체들을 동일한 계층을 형성하도록 수용하여, 상기 제1 조립체들이 수용된 부분인 필름층과 나머지 부분인 기관층을 포함하며,

상기 필름층은,

상기 기관층에 비해 상대적으로 얇고 더 단단하게 형성되는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 자기조립체는,

상기 베이스 기재의 96% 내지 104%의 굴절률을 갖도록 형성되어, 상기 하중에 의해 상기 주름 형상의 그레이팅 구조가 형성되지 않으면, 상기 베이스 기재와 동일 또는 유사한 색으로 나타나는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 베이스 기재는,

투명한 재질로 마련되어 상기 자기조립체에 상기 입사광이 투과되도록 함으로써, 상기 하중에 의해 상기 주름 형상의 그레이팅 구조가 형성되지 않으면, 상기 구조색과 그에 따른 제1 이미지가 숨겨(Covert)지는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 베이스 기재의 탄성 계수보다 상기 자기조립체의 탄성 계수가 더 큰 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 주름 형상의 그레이팅 구조에 의한 구조색은 입사광의 조사 각도 또는 사용자가 보는 각도에 따라 각각 다른 색으로 나타나는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 제1 구조체에 결합되어, 외부로부터 가해지는 하중에 의해 형태가 변화되어 제2 이미지를 형성하는 제2 구조체를 더 포함하고,

상기 제1 구조체와 상기 제2 구조체는,

상기 가해지는 하중에 의해 형태가 함께 변화되어, 상기 두 구조체 중 어느 하나의 구조체에만 상기 그레이팅 구조에 의한 구조색이 나타나 상기 두 이미지 중 어느 하나의 이미지만 형성되거나, 상기 두 구조체 모두에 상기 그레이팅 구조에 의한 구조색이 나타나 상기 두 이미지가 모두 형성되는 가변형 그레이팅 복합체.

청구항 13

복수 개의 마이크로 또는 나노 파티클들이 포함된 현탁액을 준비하는 단계;

유리 기판을 준비하는 단계;

상기 현탁액을 상기 유리 기판의 길이 방향과 너비 방향을 따라 일정 배열로 도포하여, 상기 파티클들이 자기 조립에 의해 형성되는 패턴화된 복수 개의 자기조립체들을 형성하는 단계;

고분자 폴리머(Macromolecule Polymer)를 모르타르 형태로 상기 유리 기판에 부어, 상기 고분자 폴리머가 상기 자기조립체들의 전부분 또는 일부분을 감싸는 구조의 베이스 기재를 형성하는 단계; 및

상기 유리 기판을 상기 베이스 기재로부터 제거하여 상기 자기조립체가 상기 베이스 기재에 수용된 제1 구조체를 제조하는 단계를 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 14

청구항 13에 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)와 혼합하여 실리카 현탁액을 제조하는 단계; 및

상기 실리카 현탁액을 초음파 처리하여 상기 실리카 펠릿을 분산(dispersed)시키는 단계를 포함하는 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 유리 기판을 준비하는 단계는,

상기 유리 기판 표면의 친수성을 증가시키거나 소수성을 증가시켜 상기 현탁액의 접촉각을 조절하는 단계를 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 현탁액이 상기 유리 기판에 인쇄되는 단계는,

상기 현탁액과 상기 유리 기판의 접촉각이 15° 내지 60° 로 형성되고 상기 유리 기판의 온도가 32°C 이상으로 유지된 상태에서, 압전식 드롭-온-디맨드(drop-on-demand) 방식으로 상기 현탁액이 상기 유리 기판에 인쇄되는 단계를 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 자기조립체는,

상기 파티클들이 자기 조립되되, 상기 유리 기판의 물에 대한 친화력과 상기 접촉각에 의해 평면 구조, 커피-링 구조 또는 돔(Dome) 구조를 이루는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 18

청구항 13에 있어서,

상기 패턴화된 복수 개의 자기조립체들을 형성하는 단계는,

상기 현탁액이 잉크젯 프린팅 방식에 의하여 액적 형태로 상기 유리 기판에 인쇄되는 단계를 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 19

청구항 13에 있어서,

상기 고분자 폴리머는 PDMS(polydimethylsiloxane)인 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 20

청구항 15에 있어서,

상기 베이스 기재를 형성하는 단계는,

상기 모르타르 형태의 고분자 폴리머를 경화하는 단계; 및

상기 경화된 고분자 폴리머를 냉각하는 단계를 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 21

청구항 13에 있어서,

상기 베이스 기재가 형성되는 단계 이후,

제2 구조체를 상기 제1 구조체와 접합하는 단계를 더 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법.

청구항 22

청구항 1 내지 12에 따른 가변형 그레이팅 복합체를 포함하는 위조방지 장치.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 가변형 그레이팅 복합체는 필름 형태인 위조방지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가변형 그레이팅 복합체 이의 제조방법 및 이를 이용한 위조방지 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 하중에 의해 나노 파티클들의 상대 위치가 변화되어 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성함으로써, 그레이팅 구조에 의한 각각의 구조색과 그 구조색들이 이루는 특정 이미지를 형성할 수 있는 가변형 그레이팅 복합체와 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] 일반적인 색의 구현 방법은 자체 광원의 빛을 Red, Green, Blue 색상의 컬러 필터에 투과시켜 색을 구현하는 방법, 플라즈마로부터 나오는 자외선을 형광체와 충돌시키는 방법 및 재료 자체에서 전류 흐름에 따라 발광되는 빛을 혼합하는 방법 등의 발광형 방법과, 이와 달리 광결정(Photonic Crystal)을 이용하여 자체 광원 없이 입사되는 특정 파장의 빛을 배제 또는 반사시켜 구조색(structure color)이 발현되도록 하는 반사형 방법 등이 알려져 있다.

[0004] 이러한 색의 구현 방법 중, 발광형 방법은 반사형 방법에 비해 널리 알려져 있으나 컬러 필터와 발광을 위한 전력을 지속적으로 공급하여야 하는 중대한 문제를 안고 있으며, 기존의 구조색을 이용한 반사형 방법은 컬러 필터 없이 임의의 색상을 구현할 수 있어 간단한 소자제작 공정으로 야외 시인성이 우수한 초저전력 디스플레이 구현이 가능하다.

[0005] 다만, 구조색을 이용한 반사형 방법은 광결정(Photonic Crystal)에 의한 이미지가 빛의 존재 하에서 항상 보임(Overt) 형태를 유지할 수밖에 없는 단점을 가지고 있다. 이러한 반사형 방법의 특성은 위조방지를 위한 필요 정보를 숨기기에는 부적합하여 위조방지 분야에서 광결정의 활용도를 떨어뜨리며, 발현되는 색 역시 조명각 및 보기각도에 따라 달라지는 문제로 인해 이미지에 내장되는 정보의 양도 떨어지는 문제를 안고 있다.

[0006] 상술한 문제로 인해, 기존 광결정을 이용한 위조방지 수단들은 그 활용도가 제한되어 높은 수준의 위조방지 시스템을 구현하는데 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (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 위조 방지를 위해 구조색이 완전히 숨겨지기도(Covert) 하고, 필요에 따라 보여지기도(Overt) 하는 가변형 그레이팅 복합체와 이의 제조방법 및 이를 이용한 위조 방지 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일측면에 따르면, 본 발명은 복수 개의 마이크로 또는 나노 파티클들의 자기 조립에 의해 각각 복수의 층으로 형성되는 복수 개의 자기조립체들; 및 플렉서블한 수지로 형성되어 상기 자기조립체들을 각각 감싸는 구조로 수용하며, 상기 자기조립체들 내부에 각각 함침되는 베이스 기재를 포함하는 제1 구조체를 포함하고, 상기 제1 구조체는, 외부로부터 가해지는 하중에 의해 상기 베이스 기재의 형태가 변화되면, 상기 수용된 자기조립체들 간의 상대 위치와 상기 자기조립체 내 포함된 상기 파티클들의 상대 위치가 각각 변화되어, 상기 파티클들이 동일 또는 서로 다른 배열을 갖는 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성함으로써, 입사광에 의해 상기 그레이팅 구조에 동일 또는 서로 다른 구조색이 각각 나타나 제1 이미지를 형성하는 가변형 그레이팅 복합체를 제공한다.

- [0011] 본 발명에 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 복수 개의 마이크로 또는 나노 파티클들이 포함된 현탁액을 준비하는 단계; 유리 기판을 준비하는 단계; 상기 현탁액을 상기 유리 기판의 길이 방향과 너비 방향을 따라 일정 배열로 도포하여, 상기 파티클들이 자기 조립에 의해 형성되는 패턴화된 복수 개의 자기조립체들을 형성하는 단계; 고분자 폴리머(Macromolecule Polymer)를 모르타르 형태로 상기 유리 기판에 부어, 상기 고분자 폴리머가 상기 자기조립체들의 전부분 또는 일부분을 감싸는 구조의 베이스 기재를 형성하는 단계; 및 상기 유리 기판을 상기 베이스 기재로부터 제거하여 상기 자기조립체가 상기 베이스 기재에 수용된 제1 구조체를 제조하는 단계를 포함하는 가변형 그레이팅 복합체 제조방법을 제공한다.

- [0013] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 상술한 해결수단의 가변형 그레이팅 복합체가 포함된 위조방지 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.
- [0015] 첫째, 외부 자극에 의한 베이스 기재의 형태 변화를 따라, 베이스 기재에 수용된 각 자기조립체들의 파티클들이 동일 또는 서로 다른 배열을 갖는 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성함으로써, 형성된 그레이팅 구조에 의해 나타나는 구조색과 그 구조색들이 이루어내는 특정 이미지를 능동적으로 숨겨지게 하거나 보이게 제어할 수 있다.
- [0016] 둘째, 하나의 베이스 기재에 각각 다른 구조색을 나타낼 수 있는 복수 개의 자기조립체들이 수용됨으로써, 컬러 필터 없이 각 자기조립체들에 의해 형성되는 특정 이미지를 컬러화 시킬 수 있다.
- [0017] 셋째, 베이스 기재의 변화 형태, 입사광의 입사 각도, 사용자의 보기 각도에 따라 다양한 구조색이 발현되어, 사용자에게 그에 따른 다양한 정보를 제공할 수 있다.
- [0018] 넷째, 상기 파티클들이 포함된 자기조립체를 베이스 기재의 길이방향과 너비방향을 따라 격자화된 패턴으로 배열하면, 베이스 기재에 가해지는 이방성 하중 또는 등방성 하중에 따라 각각의 구조색이 발현되게 할 수 있어, 다양한 입력-반응형 그레이팅 복합체를 제공할 수 있다.

- [0019] 다섯째, 자기조립체와 이를 지지하는 베이스 기재의 굴절률을 동일 또는 유사하게 매칭시키면, 외부 자극이 없는 상태에서 베이스 기재 내 수용된 자기조립체들을 숨길 수 있으며, 베이스 기재가 광의 투과율이 높은 투명한 재질일 때, 입사광을 투과시켜 그레이팅 구조의 회절 또는 산란에 의해 구조색이 나타나게 할 수 있다.
- [0020] 여섯째, 베이스 기재 내 자기조립체들이 수용된 부분인 필름층을 자기조립체가 수용되지 않은 부분인 기판층에 비해 얇고 더 단단하게, 즉, 기판층을 필름층에 비해 더 두껍고 더 무르게 형성하면, 기판층을 통해 아주 작은 외부자극에도 민감하게 반응하여 필름층 내 파티클들의 상대 위치를 더욱 쉽게 변화시킬 수 있다.
- [0021] 일곱째, 마이크로 또는 나노 파티클들이 포함된 자기조립체를 잉크젯 프린팅 방식의 액적 형태로 인쇄하면, 보다 저렴하고 간편한 그레이팅 복합체를 제작할 수 있는 효과를 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1 내지 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변형 그레이팅 복합체를 제조하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5 내지 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 가변형 그레이팅 복합체의 기계적/광학적 특성들을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 도 1 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 가변형 그레이팅 복합체(100)를 제조하는 방법에 대해 설명한다.
- [0024] 도 1(a)를 참조하면, 가변형 그레이팅 복합체(100)를 제조하기 위해, 그레이팅 구조를 통해 나타나야 할 컬러 이미지를 흑백이미지로 변환하여, 잉크젯 프린터의 매트릭스 구조의 인쇄를 위한 바이너리 패턴을 생성한다(S1100) 이때, 도 1(b)와 같이, 액적 기반 바이너리 패턴 생성을 위한 기본 픽셀 단위의 결정 구조는 높은 종횡비의 커피-링 모양의 마이크로 또는 나노 구조이다. 여기서, 커피-링 형상은 도넛(doughnut) 또는 링(ring) 형태를 의미한다.
- [0025] 이후, 상기 잉크젯 프린터의 잉크로 사용되어질 나노 파티클(111)들이 포함된 현탁액을 준비한다.(S1200) 여기서, 나노 파티클(111)들이 포함된 현탁액을 준비하는 과정(S1200)은 300nm, 500nm 또는 700nm 직경의 단분산(mono-dispersed) 실리카 나노 입자(20%, w/v) 용액을 6500rpm에서 10분간 원심 분리하여 솔벤트를 제거함으로써 단분산 실리카 펠릿(Pellet)을 추출하는 과정(S1210)과, 솔벤트가 제거된 실리카 펠릿을 포름아미드(Formamide)와 혼합하여 실리카 현탁액인, 나노 입자 현탁액을 제조하는 과정(S1220)과, 제조된 나노 입자 현탁액 내 실리카 파티클(111)들을 완전히 분산시키기 위해 소니케이터를 사용하여 용액을 초음파 처리하는 과정(S1230)을 포함한다. 이때, 단분산 실리카 나노 입자 용액은 20w%의 파티클(111) 농도를 가지는 증류수를 자연 증발 시키기 위한 포름아미드를 혼합하며, 물과 포름아미드의 비율은 3:1 정도로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0026] 이후, 상기 현탁액이 도포되어 질 습윤성(wettability) 유리 기판(GS)을 준비한다.(S1300) 여기서, 상기 습윤성 유리 기판(GS)을 준비하는 과정(S1300)은, 화학적 처리가 전혀 되지 않은 유리 기판(GS)을 준비하는 과정(S1310)과, 화학적 처리가 전혀 되지 않은 유리 기판(GS)에 피라니아(piranía) 용액을 처리하여 친수성을 증가시킨 유리 기판(GS)을 준비하는 과정(S1320)과, 화학적 처리가 전혀 되지 않은 유리 기판(GS)을 실레인(Silane) 처리하여 소수성을 증가시킨 유리 기판(GS)을 준비하는 과정(S1330) 중 어느 하나가 선택적으로 포함된다.
- [0027] 이때, 상술한 유리 기판(GS)의 물의 친화력과 함께 도포를 위한 접촉각은 커피-링 형상의 자기조립체(112)를 형성하는데 중요한 역할을 한다. 구체적으로, 현탁액의 성분인 물(water), 입자(particle), 포름아미드의 비율이 일정할 경우, 표면의 접촉각에 따라 형성되는 패턴은 3종류로 나눌 수 있다. 접촉각이 0° ~ 15°에서는 단층(monolayer)에 가까운 패턴이 형성되고, 15° ~ 60° 내외까지는 커피-링 구조가 형성되며, 그 이상에서는 소수성 표면에서와 같이 돔(Dome) 구조가 형성된다.
- [0028] 아울러, 잠시 피라니아 세정 공정(piranía cleaning)을 약술하면, 수산화 암모늄(70 ml), 과산화수소(70 ml) 및 탈 이온수(350 ml)로 구성된 피라니아 용액을 서서히 190℃로 가열한 후, 유리 슬라이드를 가열된 피라니아 용액에 1시간 동안 담그고, 탈이온수로 세척하여 N₂ 가스로 건조시키는 과정이다.
- [0029] 도 1(c)를 참조하면, 앞서 준비된 나노 파티클(111)들이 포함된 현탁액을 상기 습윤성 유리 기판(GS)에 도포 및 인쇄하여, 사전 정의된 패턴으로 상기 나노 파티클(111)들이 자기 조립되게 함으로써, 복수 개의 자기조립체(112)들을 형성한다.(S1400)

- [0030] 잠시, 도 2를 참조하면, 상기 복수 개의 자기조립체(112)들을 형성하는 단계(S1400)는, 유리 기판(GS)의 온도를 32℃ 이상으로 유지하는 과정(S1410)과, 접촉각이 15° 내지 60° 중 17℃로 형성된 상태에서 액적 간의 간섭을 방지하기 위해 액적 간 150 μ m 이상의 간격으로 현탁액을 유리 기판(GS)에 도포하는 과정(S1420)과, 현탁액이 도포된 유리 기판(GS)을 10분간 100℃의 오븐에 보관하여 폼아미드(Formamide)를 충분히 증발시켜 커피-링 구조의 비정질(amorphous) 자기조립체(112)를 형성하는 과정(S1430)을 포함한다. 이때, 유리 기판(GS)의 온도는 32℃ 이상, 50℃ 이하로 유지되는 것이 바람직하나, 50℃ 이상의 온도 역시 자기조립체(112)를 형성하는데 큰 무리는 없을 것으로 보인다.
- [0031] 여기서, 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에서는 각 자기조립체(112)들 내 실리카 파티클(111)들을 커피-링 구조로 형성하는 것을 상정하여 설명하고 있으나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니며, 실리카 파티클(111)을 플랫(Flat) 구조의 모노레이어(평면 구조, monolayer) 또는 돔(Dome) 구조로 형성할 수 있음은 물론이다. 다만, 돔 구조에서는 그레이팅 복합체(100)에 가해지는 하중에 의한 그레이팅 구조의 형성이 다른 구조들에 비해 어렵기 때문에 실리카 파티클(111)을 플랫 구조의 모노레이어와 커피-링 구조로 형성하는 것이 바람직하다. 이에 관해서는 도 8 내지 도 11에 다시 상세히 설명한다. 플랫 구조의 모노레이어와 커피-링 구조의 생성 방법을 약술하면, 모노레이어는 유리 기판(GS)을 초 친수성 처리한 상태에서 유리 기판(GS)의 온도보다 자기조립체(112) 형성을 위한 액적 온도가 유리 기판(GS)의 온도보다 높게 설정하여 생성하며, 커피-링 구조는 유리 기판(GS)을 친수성 처리한 상태에서 유리 기판(GS)의 온도를 액적의 온도보다 높게 설정하여 형성할 수 있다.
- [0032] 더불어, 실리카 나노 파티클(111)의 인쇄 과정을 위해 Dimatrix 카트리지가 있는 압전식 드롭-온-디맨드 잉크젯 프린터가 준비되며, 이러한 잉크젯 프린터는 약 21.5 μ m의 직경과 254 μ m의 간격을 갖는 16개의 독립적인 작동 노즐을 구비하고, 10pℓ의 액적을 지지하며, 액적 중심 간격을 해상도 설정(9dpi)에 따라 5 μ m에서 254 μ m까지 1 μ m 단위로 프린터 헤드의 각도를 조절할 수 있으며, 진공 펌프가 장착되고, 60℃까지 가열할 수 있는 A4 크기의 기판 테이블이 구비된다.
- [0033] 다시 도 1(d)를 참조하여, 도포된 현탁액에서 폼아미드를 증발시켜 커피-링 구조의 자기조립체(112)가 형성되면, 모르타르 형태의 고분자 폴리머(Macromolecule Polymer)를 자기조립체(112)들 위에 부어, 고분자 폴리머가 자기조립체(112)들 각각의 전부분 또는 일부분을 수용하도록 자기조립체(112)들을 각각 감싸는 구조로 함침시켜 베이스 기재(113)를 형성한다.(S1500) 여기서, 상기 베이스 기재(113)을 형성하는 과정(S1500)은 모르타르 형태의 고분자 폴리머를 경화시키기 위해 75℃에서 3시간 가열하는 과정(S1510)과, 경화된 고분자 폴리머를 30분간 냉각시키는 과정(S1520)을 포함한다. 이때, 고분자 폴리머는 PDMS(polydimethylsiloxane)가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0034] 다음으로, 상기 베이스 기재(113)로부터 유리 기판(GS)을 제거함으로써, 베이스 기재(113)에 입사광을 배제, 회절, 산란 또는 반사하여 구조색을 나타내는 그레이팅 복합체(100)가 완성된다.(S1600)
- [0035] 도 4를 참조하면, 자기조립체(112)들과 베이스 기재(113)의 굴절률의 굴절률 차가 0.04 이내(즉, 자기조립체(112)들의 굴절률이 베이스 기재(113)의 굴절률의 96% 내지 104%)로 형성되도록 함으로써, 마이크로 또는 나노 파티클(111)들이 PDMS 매트릭스 상에서 경화되어 자기조립체(112)로 캡슐화되었을 때, 베이스 기재(113)의 동일 또는 유사한 색을 띠게 되어 전혀 보이지 않아 숨겨진 상태로 유지될 수 있다. 또한, 베이스 기재(113)이 매우 투명한 재질로 마련되는 경우, 자기조립체(112)들 역시 투명한 상태로 유지될 수 있다.
- [0037] 이하에서, 본 발명의 일 실시예에 따른 가변형 그레이팅 복합체(100)의 기계적 특성과 광학적 특성에 대해 도 5 내지 도 20을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0038] 도 5(a), 6 및 7을 참조하면, 나노 파티클(111)들은 자기조립체(112) 또는 베이스 기재(113)의 높이 방향 또는 두께 방향을 따라 여러 계층(Layer)을 형성하여 분포되며, 외부자극이 가해지지 않은 상태에서는 그레이팅 구조가 형성되지 않아, 구조색이 나타나지 않는(Covert) 0차원 격자로 존재한다. 이는 앞서 말한 바와 같이, PDMS의 베이스 기재(113)와, 자기조립체(112)들의 동일 또는 유사한 굴절률(R/silica - R/PDMS = 0.04)로 인한 구조적 투명성(photonic glasses)에 의해 입사광이 대부분 투과하기 때문이다. 이에, 파티클(111)들이 형성하는 그레이팅 구조에 의한 구조색이 나타나지 않은 상태에서 자기조립체(112)들은 베이스 기재(113) 내에 완전하게 숨겨(Covert)질 수 있다.
- [0039] 도 5(b), 6 및 7을 참조하면, 한편, 그레이팅 복합체(100)에 1st 계층 방향으로 굽힘 하중에 따른 압축된 변형이

일어나는 경우, 각 자기조립체(112)들의 나노 파티클(111)들은 굽힘 하중에 의해 그 상대 위치가 변화되어 주름 형상의 그레이팅 구조를 각각 형성함으로써, 구조색이 나타나는(Overt) 1차원 격자로 변형되고, 이러한 주름 형상의 그레이팅 구조에 의한 구조색이 나타난 자기조립체(112)들이 한데 모여 특정 이미지를 형성한다. 이때, 각 자기조립체(112) 포함된 나노 파티클(111)들의 계층 중 주름 형상의 그레이팅 구조에 의해 구조색이 나타나는 계층은 1st 계층의 나노 파티클(111) 계층이다.

[0040] 도 5(c), 6 및 7을 참조하여, 반대로, 7st 계층 방향으로 굽힘 하중에 따른 압축된 변형이 일어나는 경우, 즉 인장된 변형이 일어나는 경우, 각 자기조립체(112)들의 나노 파티클(111)들은 굽힘 하중에 의해 그 상대 위치가 변화되 나노 파티클(111)들의 간격이 가까워지는 것이 아니라 상대적으로 멀어져 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성하지 않는 0차원 격자로 변형 또는 유지된다. 이에, 각 자기조립체(112)들에 구조색이 나타나지 않는(Covert) 것은 물론 구조색의 한데 모여 형성하는 특정 이미지 역시 나타나지 않는다.

[0041] 여기서, 상술한 그레이팅 복합체(100)에 가해지는 하중은 굽힘 하중을 비롯한 압축, 인장, 또는 비틀림 하중의 단일 하중이거나, 둘 이상의 복합 하중일 수 있으며, 상술한 그레이팅 복합체(100)에 형성되는 압축된 변형은 이러한 압축, 인장, 굽힘 또는 비틀림 하중에 의한 변형일 수 있다.

[0042] 도 8 내지 11을 참조하여, 이러한, 굽힘 하중에 따른 1st 계층의 나노 파티클(111)들의 주름 형상의 그레이팅 구조 형성 원리에 대해 살펴보면, 본 발명의 자기조립체(112)는 유리 기판(GS)에 액적 형태로 맺혀 형성되는 생성 조건에 의해 계층별로 구배(Gradient)를 갖도록 분포되어 형성된다. 구체적으로, 잠시 도 3을 참조하여, 자기조립체(112) 내 분포된 나노 파티클(111)의 구배는 플랫폼 구조의 모노레이어와 같이 분포 구배가 거의 없는 형태로 형성되거나, 커피-링 구조와 같이 구배가 형성되 내부 중심이 움푹 패인 형태로 형성되거나, 도시 되지는 않았으나 돔 구조와 같이 반원형의 분포 구배를 갖는 형태로 형성될 수 있다.

[0043] 이때, 모노레이어 구조와 커피-링 구조는 돔 구조와 다르게 자기조립체(112) 내 두터운 부분이 존재하지 않아 PDMS가 나노 파티클(111)들 사이로 진입하여 나노 파티클(111)들과 복합 구조를 형성하기 용이하다. 보다 상세하게는 모노레이어 구조는 얇은 박막 형태로 PDMS가 나노 파티클(111)들 사이로 진입하기 용이하고, 커피-링 구조는 상층부 입자들 사이에 많은 빈 공간을 포함하고 있어, PDMS가 나노 파티클(111)들 사이로 진입하기 용이한 반면, 돔 구조는 내부 중심 즉, 상층부 입자들이 두텁게 밀집됨으로써, PDMS가 나노 파티클(111)들 사이로 진입하기 어렵다.

[0044] 한편, 도 12를 참조하면, 자기조립체(112) 내 나노 파티클(111) 사이에 PDMS가 진입하여 복합 구조를 이룬 상태에서 자기조립체(112)에 베이스 기재(113)을 통한 굽힘 하중이 가해지면, 얇고 강성인 필름층(113a)과 필름층(113a)보다 두껍고 연성인 기관층(113b)의 기계적 물성의 부조화로 인해 필름층(113a)에서 버클링(Buckling) 타입의 불안정성(instability)에 의해 주기적인 폭을 갖는 주름 배열 패턴이 형성된다. 다만, 상술한 모노레이어 구조와 커피-링 구조의 자기조립체(112)들에서는 주기적인 주름 구조가 나타나나, 돔 구조의 자기조립체(112)에서는 돔 구조의 자기조립체(112)가 전체가 매우 높은 탄성계수를 가진 큰 블록 형태로 형성되어 주름이 돔 패턴보다 더 크게 형성됨으로써, 마이크로 스케일 단위에서는 그 주름 패턴을 관찰할 수 없다. 즉, 돔 구조에서는 자기조립체(112)에 주름 구조가 나타나지 않는다.

[0045] 아울러, 자기조립체(112) 내 형성되는 나노 파티클(111)들의 커피-링 구조는 상술한 바와 같이, 나노 파티클(111)들의 계층에 따른 탄성 구배가 형성되어 단일 하중 또는 복합 하중이 가해질 때, 플랫폼 구조의 모노레이어보다 규칙적인 주름 패턴을 형성하는데 유리함을 가지고 있다. 이는, 자기조립체(112)에 다양한 역학적 하중이 가해질 때, 플랫폼 구조의 모노레이어는 나노 파티클(111)들의 구조가 내부 응력에 따라 불규칙하게 바뀔 수 있으나, 커피-링 구조는 나노 파티클(111)들의 탄성 구배에 의해 구조가 보다 규칙적일 수 있어, 주름 패턴을 형성하는데 그 만큼 유리할 것으로 보인다.

[0046] 여기서, 주름 배열의 주기성 λ 는 필름의 두께(h)와, 필름층(113a)의 탄성 계수(E_f) 및 선형 좌굴 이론을 통해 예측할 수 있는 기관층(113b)의 탄성 계수(E_s)에 의해 다음과 같이 결정된다.

수학적 1

[0047]
$$\lambda = 2\pi h^3 \sqrt{E_f/3E_s}$$

[0048] 여기서, $\bar{E}$ 는 평면 변형 계수이며 $E/(1-\nu^2)$ 로 정의된다. ν 는 포아송 비율이다. 이러한 수학적 1은 표면 주기 현상의 모델을 보여주며 그레이팅 복합체(100)의 주기성을 예측하게 한다. 세부적으로, 본 발명의 필름층(113a)과 기관층(113b)이 복합된 그레이팅 복합체(100, SiO₂-NPs/PDMS)는 기관층(132, E_s = 0.75 MPa)의 강성에 비해 필름층(131, E_f = 수십 GPa)의 강성이 매우 높기 때문에 필름층(113a)을 강성 필름층(113a)으로 간주할 수 있으며, 커퍼-링 나노 구조를 둘러싼 PDMS는 도 12의 분홍색 화살표와 같이 압축력을 제공한다. 여기서, 베이스 기재(113)의 탄성계수보다 자기조립체(112)의 탄성계수가 높게 설정되어 필름층(113a)의 강성이 기관층(113b)의 강성에 비해 높게 형성된다.

[0049] 도 12 및 13을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 그레이팅 복합체(100)는 회절 그레이팅(diffraction grating) 구조보다 투과 그레이팅(transmission grating) 구조에 가깝게 형성됨으로써, 그레이팅 복합체(100)의 후면으로부터 백색광이 입사되면, 그레이팅 복합체(100)를 관통하여 입사광이 주름 형상의 그레이팅 구조에 의해 회절 또는 산란됨으로써, 자기조립체(112)들의 구조색이 나타나 특정 이미지를 형성한다. 이때, 나타나는 구조색은 입사광의 입사각도 및 관측자의 보기각도에 따라 각기 다른 색으로 나타날 수 있음은 물론이다. 여기서, 관측자는 사람의 시각일 수 있으나, CCD 카메라와 같은 이미지 관측 장치일 수 있다.

[0050] 도 14를 참조하면, 그레이팅 복합체(100)에 나타나는 주름 구조는 앞서 설명한 바와 같이 압축된 변형이 일어난 경우에만 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0051] 도 15를 참조하면, 그레이팅 복합체(100)의 구조적인 색상 플랫폼을 확인할 수 있다. 우선, 나노 파티클(111)들의 크기를 달리하면, 도 15의 (a, b, c)와 같이 나노 파티클(111)의 크기를 300 nm로 달리하면 주름의 주기는 약 2.44 μ m이며, 700 nm 일 때 6.50 μ m 임을 알 수 있다. 따라서, 입자 크기의 증가에 따른 주름의 주기성의 증가는 입자 크기의 증가에 따른 얇은 필름층(113a)의 두께(h)의 증가에 의해 설명될 수 있다. 동시에, 나노 파티클(111)의 입자 크기가 300 nm에서 700 nm로 증가했을 때 명백한 적색 편이가 있음을 알 수 있다. 이것은 회절 방정식 $n\lambda_w = (\sin\theta_D - \sin\theta_I)$ 으로 설명될 수 있으며, 여기서 정수 n은 회절 차수이다. λ_u 는 400 nm 내지 700nm 범위의 백색광의 파장으로 가시광선 스펙트럼 영역을 커버한다. θ_L 및 θ_I 는 각각 관찰 각도 및 입사각이며 주름의 주기성을 파악하기 위해 그 값은 고정된다. d는 주름의 주기이다. 따라서 주름의 주기(d)가 입자 크기에 따라 증가함에 따라 적색 편이가 일어날 것을 보인다.

[0052] 도 15의 (d, e, f, g)를 참조하면, 그레이팅 복합체(100)가 안쪽으로 굽혀질 때, 다른 거리를 가지는 선형의 회절 반점들을 얻을 수 있다. 그러나, 구조색 플랫폼이 반대 방향으로 굽혀지거나 굽혀지지 않을 때에는 회절 반점들이 보이지 않는다. 이를 통해 그레이팅 효과는 나노 파티클(111)의 입자가 아닌 그레이팅 복합체(100)의 계층적 복합 주름에 의해 주로 야기됨을 알 수 있다.

[0053] 아울러, 주름의 거리는 다음 방정식으로 계산할 수 있다.

수학적 2

$$d = \frac{4\lambda_{laser} \sqrt{(D/2)^2 + L^2}}{\sqrt{3}D}$$

[0055] 여기서, λ_{laser} 는 레이저 파장, d는 주름 간격, L은 스크린에서 구조색의 플랫폼까지의 거리, D는 동일한 회절 순성의 회절 반점 사이의 거리이다. 서로 다른 크기(300 nm, 500 nm, 700 nm)를 갖는 나노 파티클(111)에 의해 제조된 구조색 플랫폼으로부터 얻은 회절 반점의 거리에 대응하여, 주름 주기율의 계산된 값은 각각 2.99 μ m, 4.92 μ m, 6.50 μ m 이다. 이 결과를 통해 그레이팅 효과는 주로 그레이팅 복합체(100)의 복합 주름에 기인하는 것을 확인할 수 있다. 도 15의 (i)를 참조하면, 그레이팅 복합체(100)의 굽힘 후, 가시적인 범위에서 확실한 피크가 주름 효과에 기인한 그레이팅 효과에 의한 투과 스펙트럼에 나타나는 것을 알 수 있다. 그런 다음, x축과 y축을 따라 그레이팅 복합체(100)를 이동시켜 일련의 스펙트럼을 측정한다. 도 15의 (j)를 참조하면, x축을 따라 이동할 때 스펙트럼이 거의 일정함을 알 수 있으며, 이는 y좌표가 동일하면 입사광의 각도가 동일하기 때문이다. 동시에, x축을 따라 굽힘 모멘트의 모양 변화와 주름의 형상은 동일하다. 한편, y축을 따라 이동할 때 주름에 대한 입사광의 각도는 계속 변한다. 따라서 스펙트럼의 이동은 명백하다 할 수 있다.

[0056] 도 16 및 17 참조하면, 아울러, 본 발명의 그레이팅 복합체(100)는 자기조립체(112) 내 나노 파티클(111)들의

구조를 이용하여 x 축 또는 y 축 방향의 1차원(1D) 구조의 그레이팅을 형성할 수 있음은 물론, x, y 축 방향의 2차원(2D) 구조의 그레이팅을 형성할 수도 있다. 커피-링 구조는 상하좌우가 대칭인 구조로 단순 하중은 물론 복합 하중에 의한 그레이팅 구조가 형성되도록 하여 그에 따른 구조색과 그 구조색이 이루는 이미지가 나타나게 할 수 있다. 구체적으로, 도 17(a)를 참조하면, 그레이팅 복합체(100) 내 형성된 그레이팅이 1차원 구조로 형성되어, y 축 방향의 굽힘 하중에는 구조색이 나타나 이미지를 이루나, 90° 회전된 x 축 방향의 굽힘 하중에는 그 구조색이 나타나지 않도록 할 수 있으며, 도 17(b)을 참조하면, 그레이팅 구조가 2차원 구조의 그레이팅으로 형성되어 x, y 축 방향의 하중이 복합적으로 작용할 때, 그 복합된 굽힘 하중에 의한 구조색이 나타나도록 할 수 있다.

[0057] 도 18을 참조하면, 왼편 그림에는 90° 각도를 이루는 x, y 축 방향의 복합된 등방성 압축 하중이 작용할 때, 자기조립체(112) 내 나노 파티클(111)들의 미시적으로는 불규칙하나 거시적으로는 규칙성을 띄는 주름 형상의 그레이팅 구조가 나타나 있으며, 오른편 그림에는 45° 각도 또는 360° 반경을 따라 작용하는 복합된 등방성 압축 하중이 작용할 때, 자기조립체(112)의 커피-링 구조의 중심을 기준으로 방사형으로 형성되어 규칙성을 띄는 주름 구조가 나타나 있다.

[0058] 도 19 및 20을 참조하면, 한편, 본 발명의 그레이팅 복합체(100)는 서로 다른 특정 이미지를 형성할 수 있는 이중의 두 그레이팅 구조체(110, 120)를 대칭형으로 플라즈마 본딩(cohesion bonding, Plasma bonding)하여 베이스 기재 간 서로 마주보게 결합되게 함으로써, 서로 다른 방향으로 가해지는 이중의 하중에 의해 각 그레이팅 구조체(110, 120)가 설정된 특정 이미지를 형성하게 할 수 있다. 구체적으로 제1 구조체(110)에 의한 이미지(패턴-A, 제1 이미지)와 제2 구조체(120)에 의한 이미지(패턴-B, 제2 이미지)가 형성된 두 그레이팅 구조체(110, 120)가 두 필름층(113a, 113b)이 바깥쪽을 향하도록 기관층들이 서로 마주보게 접합된 상태에서, 외부 자극에 의해 일면이 압축되고 타면이 인장되는 변형이 일어나는 경우, 제1 구조체(110)의 구조색이 발현되어 패턴-A의 제1 이미지가 나타나고, 반대로 일면이 인장되고 타면이 압축되는 변형이 일어나는 경우, 패턴-A와 형태와 색깔이 각기 다른 제2 구조체(120)의 구조색이 발현되어 패턴-B의 제2 이미지가 나타나게 할 수 있다.

[0059] 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 의한 각기 다른 굽힘 하중에 따라 다양한 천연 색과 이미지가 나타나게 할 수 있다. 이는 제조되는 그레이팅 구조의 레이어 수에 따라 더 다양한 패턴을 하나의 디바이스에 내장할 수 있는 가능성을 보여준다.

[0061] 이하에서는 본 발명의 그레이팅 복합체(100)가 달성하는 효과에 대해 약술한다.

[0062] 본 발명의 그레이팅 복합체(100)는 입력-반응형 또는 숨김-보임 특성을 이용할 뿐만 아니라, 1차원 또는 2차원의 차원전환이 가능한 그레이팅 구조의 기술적 특징들을 내재하고 있어, 위조방지 수단으로 사용되던 기존 그레이팅 구조의 활용도를 한층 높임으로써 보다 높은 수준의 위조방지 장치 및 시스템을 구현할 것으로 보인다.

[0063] 아울러, 일반적인 구조색을 나타내는 그레이팅 구조의 제조방법은, 콜로이드 서스펜전(suspension)을 가만히 놓아 두어 자연적으로 중력에 의해 침전을 시켜서 결정을 형성하는 침전법(natural sedimentation)과, 젖음성(wettable)이 있는 기판을 콜로이드 서스펜전 용액에 수직으로 침적한 후, 콜로이드 서스펜전의 용매가 증발함에 따라 기관 위에 결정이 형성되는 대류조립법(convective assembly)과, 외부 전기장을 이용하여 한쪽 기관 위에 결정을 형성하는 전기 영동법(electrophoretic deposition) 등이 알려져 있다. 그러나, 전기 영동법을 제외한 나머지 광결정 형성 방법은 수 cm^2 크기의 결정을 형성하기 위해 1~2일 정도의 시간을 소요하며, 전기 영동법은 빠른 공정시간 안에 3차원 콜로이드 결정을 형성할 수 있는 장점이 있는 대신 형성되는 콜로이드 결정의 완성도가 다소 떨어지는 단점이 있다.

[0064] 반면, 본 발명의 가변형 그레이팅 복합체(100)는 유리 기관(GS)에 잉크젯 프린터의 잉크젯 기술을 이용하여 마이크로 또는 나노 파티클(111)들을 액적 형태로 인쇄함으로써, 그레이팅 복합체(100)를 용이하게 제조할 수 있음은 물론, 유리 기관(GS)을 친수성 처리하며, 기관과 액적의 온도와 접촉각을 각각 제어함으로써, 마이크로 또는 나노 파티클(111)들을 하중에 의해 변형시켜 주름 형상의 그레이팅 구조를 형성하기 용이한 플랫폼 구조의 모노레이어 또는 커피-링 구조로 형성할 수 있다.

[0066] 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

100 : 그레이팅 복합체

110 : 제1 구조체

111 : 파티클 112 : 자기조립체

113 : 베이스 기재 113a : 필름층

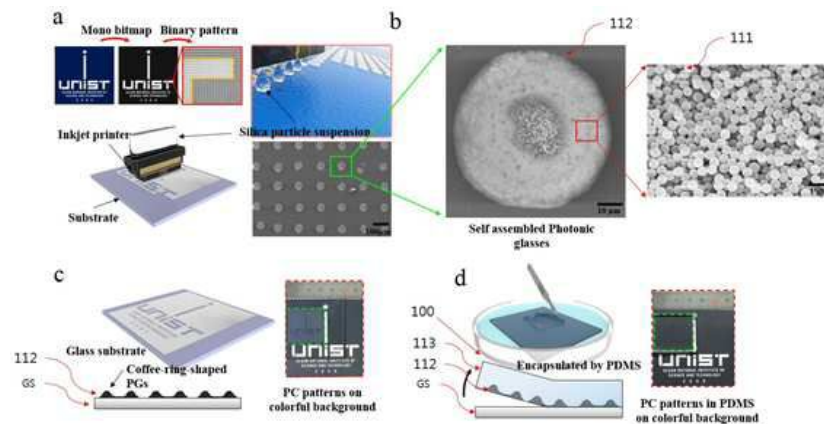
113b : 기판층

120 : 제2 구조체

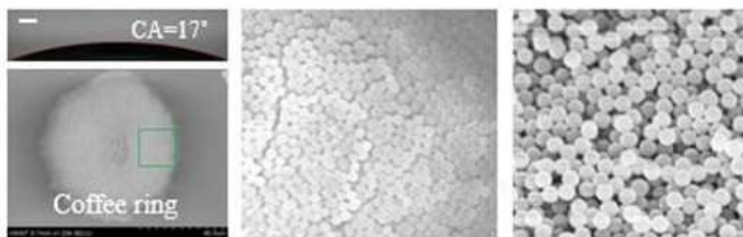
GS : 유리 기판

도면

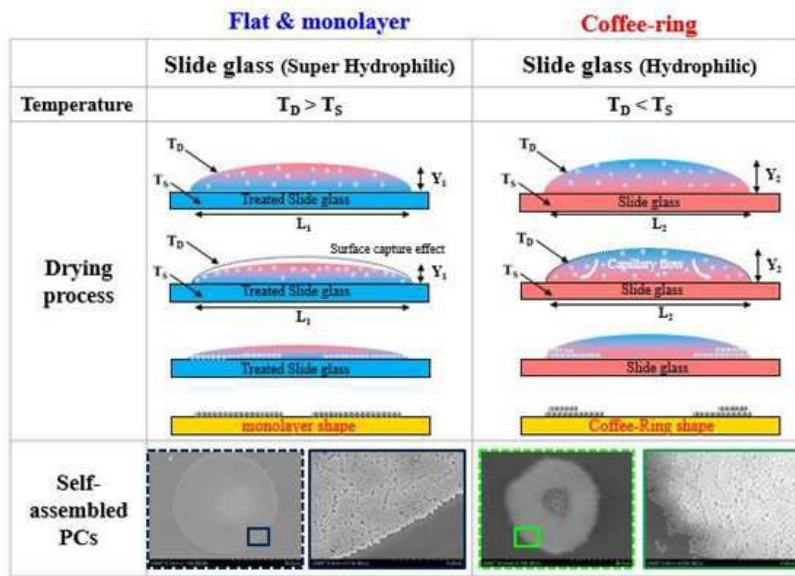
도면1



도면2

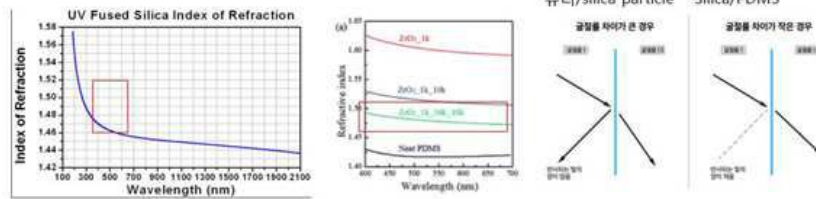


도면3

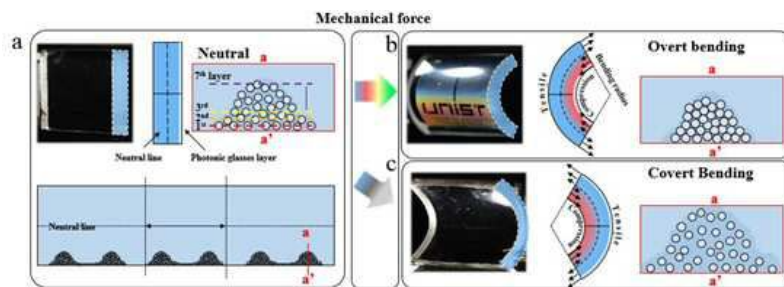


도면4

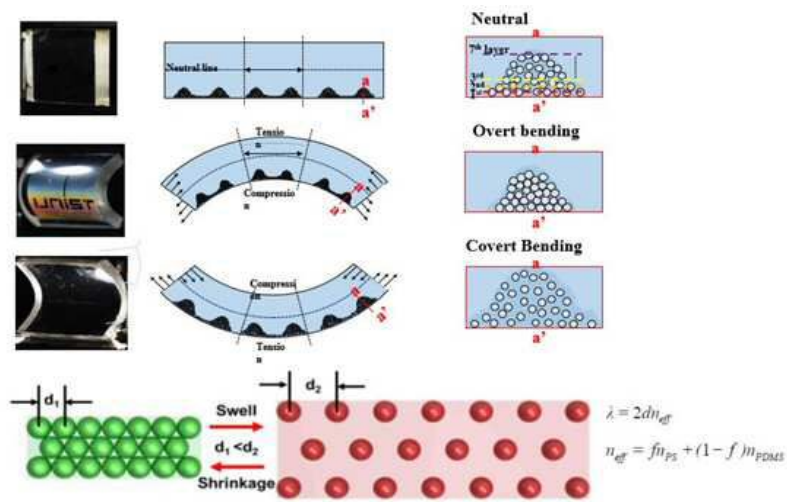
Google image



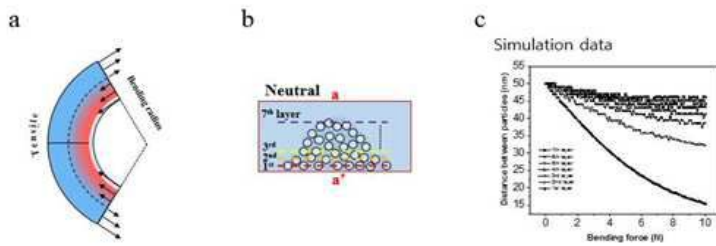
도면5



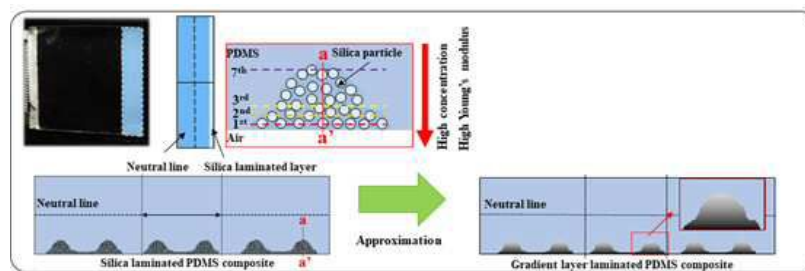
도면6



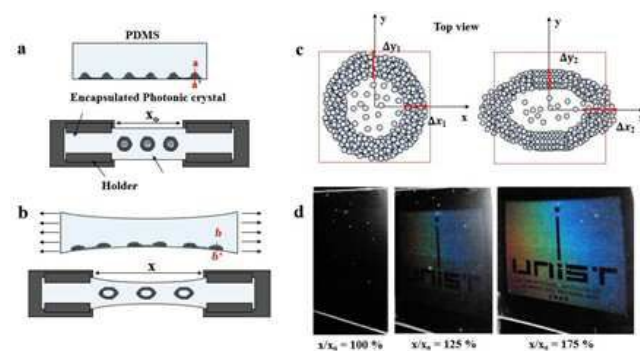
도면7



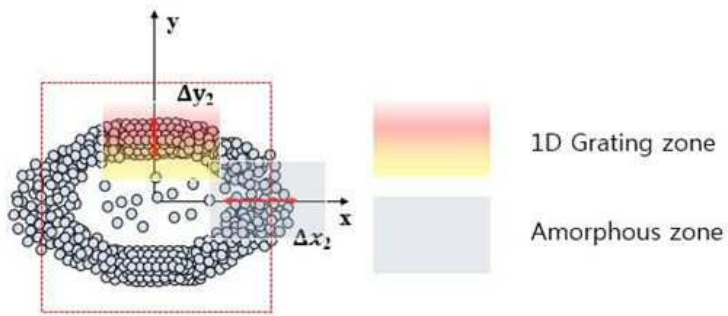
도면8



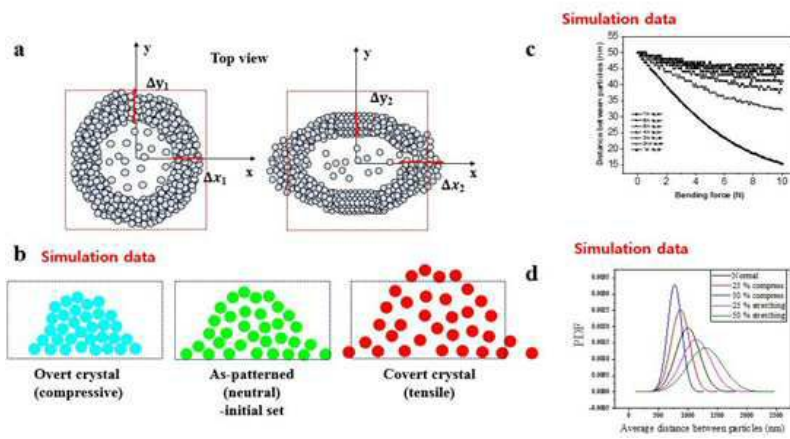
도면9



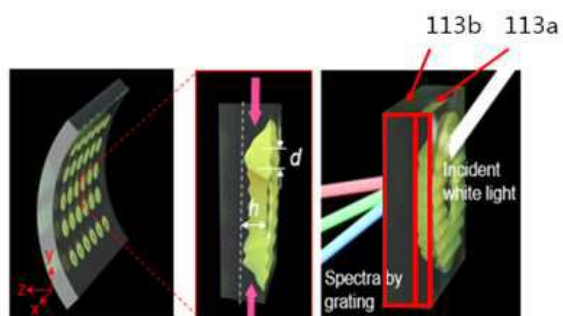
도면10



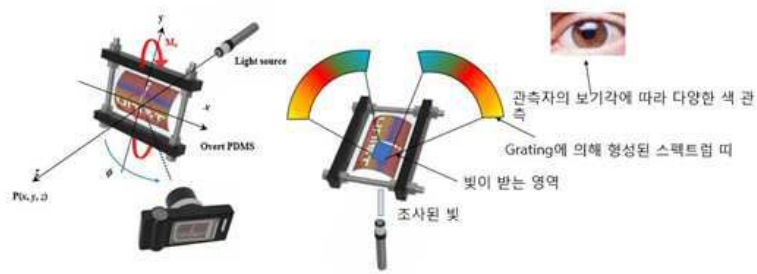
도면11



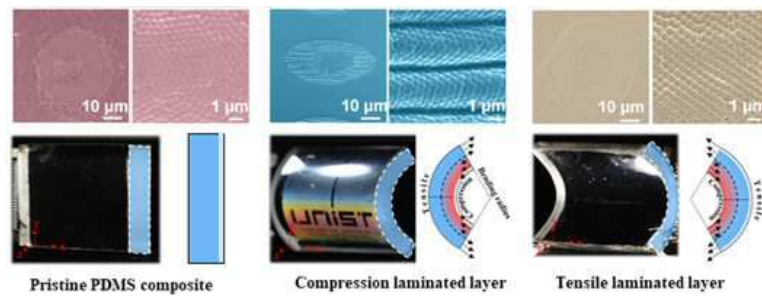
도면12



도면13

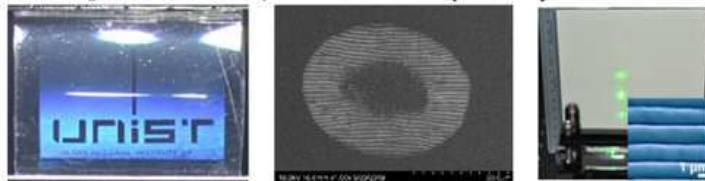


도면14

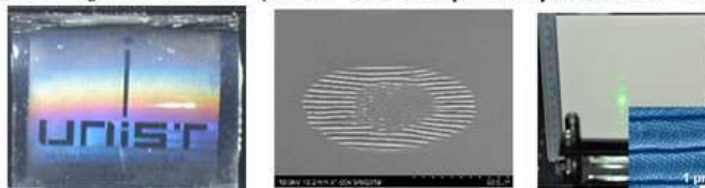


도면15

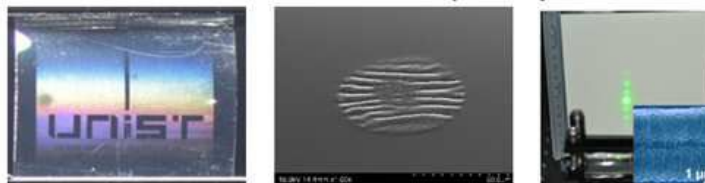
300nm SiO₂ NP/PDMS composite $d = 2.44\mu\text{m}$ Amplitude:300nm



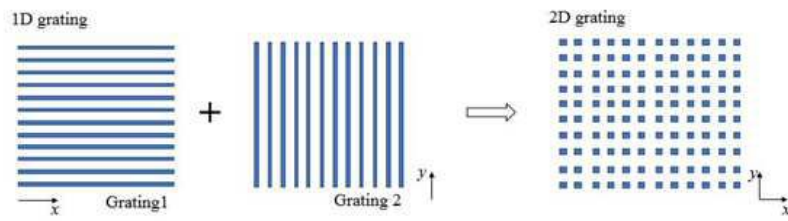
500nm SiO₂ NP/PDMS composite $d = 4.92\mu\text{m}$ Amplitude:500nm



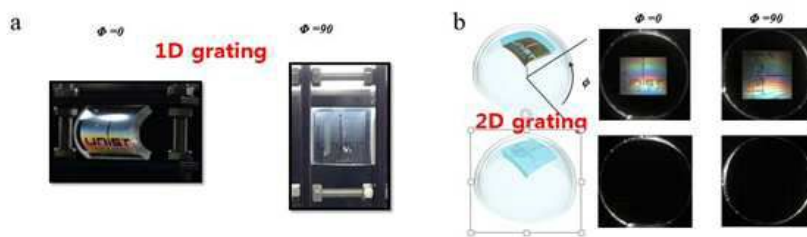
700nm SiO₂ NP/PDMS composite $d = 6.50\mu\text{m}$ Amplitude:800nm



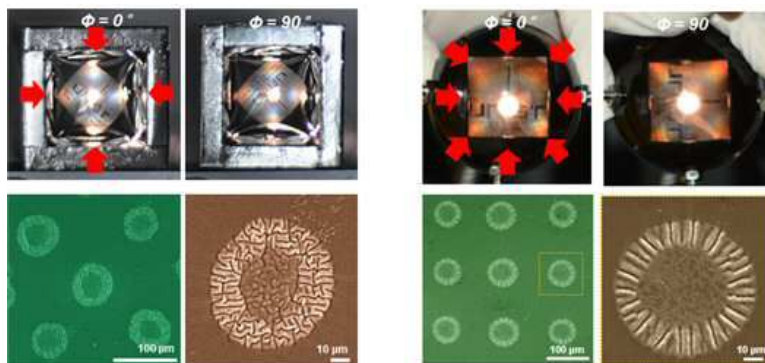
도면16



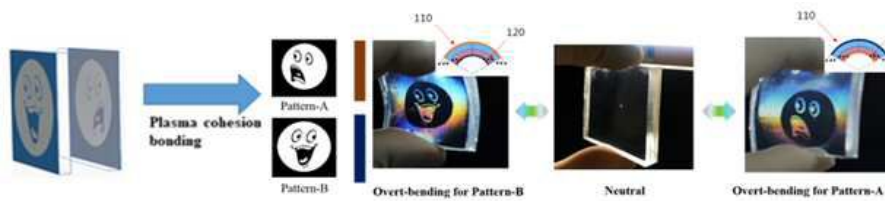
도면17



도면18



도면19



도면20

