



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0065912
(43) 공개일자 2023년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/01 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G02F 1/0128 (2013.01)
G02F 1/0126 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2022-0145333

(22) 출원일자 2022년11월03일

심사청구일자 2022년11월03일

(30) 우선권주장

1020210151059 2021년11월05일 대한민국(KR)

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김지원

서울특별시 종로구 평창30길 71-11

이지연

인천광역시 연수구 송도과학로27번길 55

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 플러스

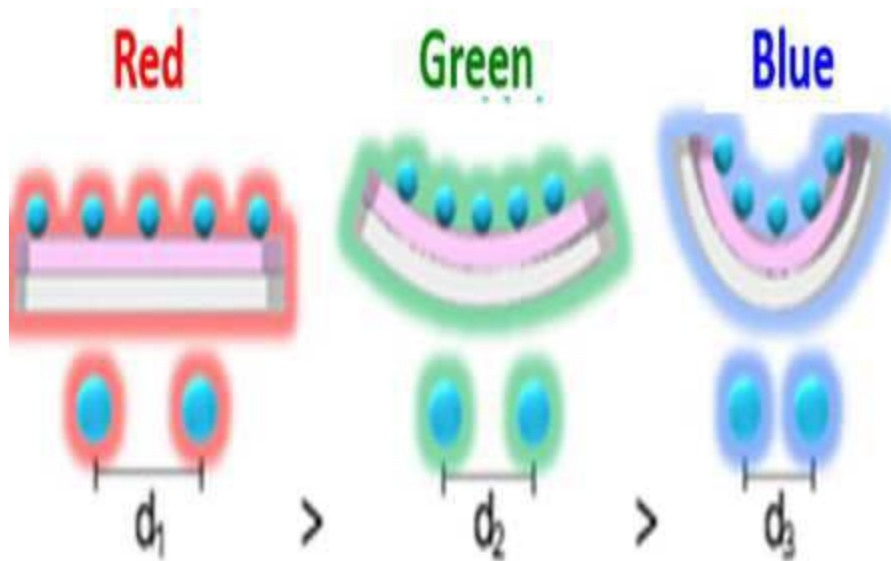
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 나노복합소재의 동적 광변형에 따른 광감응성 색변환 구조체

(57) 요약

본 발명에서는 서로 다른 파장 및 세기의 광에 의하여 굽힘각도와 반사광이 조절되는 광감응성 색변환 구조체를 제작하였다. 상기 광감응성 색변환 구조체는 소자의 동작 상태 및 위치가 가시적으로 표현되는 액추에이터, 센서 또는 디스플레이 등의 전자소자에 활용할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G02F 2202/36 (2013.01)

(72) 발명자

여중석

인천광역시 연수구 송도과학로 85

전덕진

인천광역시 연수구 송도과학로 85

강지훈

인천광역시 연수구 송도과학로 85

김동준

인천광역시 연수구 송도과학로51번길 136

류재혁

경기도 시흥시 은계중앙로 140(은행동,
네이쳐포레)

오서예

경기도 부천시 신흥로86번길 13(심곡동, 정화빌라)

박지현

인천광역시 연수구 원인재로 81

김건호

전라북도 전주시 덕진구 진버들6길 7-5(우아동2가)

윤서영

충청남도 천안시 서북구 불당17길 14

박현빈

인천광역시 연수구 송도과학로27번길 55

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

2020112120

과제번호

20CTAP-C157557-01

부처명

국토교통부

과제관리(전문)기관명

국토교통과학기술진흥원

연구사업명

국토교통기술연구개발

연구과제명

[통합이지]미세전자기계시스템(MEMS) 기반 광 감응성 복합 센서 개발(2/2)

기 여 율

1/1

과제수행기관명

연세대학교

연구기간

2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

유연기관 및 유연기관의 일 면에 적층되는 광감응층을 포함하는 광변형층; 및 상기 광변형층의 일 면에 적층되는 광결정층; 을 포함하고,

상기 광감응층은 광자극시 가역적으로 팽창하며,

상기 광변형층은 상기 광감응층의 팽창으로 인해 구부러져 굴곡부에 굽힘각도(bending angle)가 발생하고,

상기 광변형층의 굽힘각도가 변화함에 따라 상기 광결정층의 반사파장이 가역적으로 변화하는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광감응층은 광감응성 작용기를 함유하는 고분자를 포함하는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 광감응성 작용기는 1,2-디페닐디아젠(1,2-diphenyldiazene), N-벤질리덴아닐린(N-benzylideneaniline), α -시아노스티벤(α -cyanostilbene), 스파이로 벤조피란(spirobenzopyran) 및 이의 유도체를 포함하는 군에서 하나 또는 둘 이상 선택되는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 광자극은 가시광선 파장대역의 광인, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 광자극의 세기와 상기 굽힘각도의 관계는 하기 식 1을 만족하는, 광감응성 색변환 구조체.

[식 1]

$$\theta = A \times P$$

(상기 식 1에서, 상기 θ 는 상기 굽힘각도($^{\circ}$)이며, 상기 P 는 상기 광자극의 세기 (Watt)이며, A 는 0.01 내지 1의 실수이고, θ 는 0° 내지 90° 의 범위를 가진다)

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 광감응층의 두께와 상기 굽힘각도의 관계는 하기 식 2를 만족하는, 광감응성 색변환 구조체.

[식 2]

$$\theta = B \times L^C$$

(상기 식 2에서, 상기 θ 는 상기 굽힘각도($^{\circ}$)이고, 상기 L 은 상기 광감응층의 두께(μm)이며, 상기 B 는 20,000 내지 40,000인 실수이고, 상기 C 는 -3 내지 -1인 실수이며, 상기 θ 는 0° 내지 90° 의 범위를 가진다)

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 반사과장은 가시광선 파장대역에서 상기 굽힘각도에 따라 변화하는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 굽힘각도가 0도일 때 상기 반사과장은 600 내지 800 nm이고,

상기 굽힘각도가 증가함에 따라 상기 반사과장은 반비례관계를 갖으며,

상기 굽힘각도의 최대값은 90° 이고,

상기 반사과장의 최소값은 300 내지 400 nm인, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 유연기판은 생체 적합성 천연 고분자를 포함하는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 유연기판은 광자극시 가역적으로 팽창하며, 상기 유연기판에 포함된 유연성 물질의 광자극시 부피증가량과 상기 광감응층에 포함된 광감응성 물질의 광자극시 부피증가량은 하기 식 3을 만족하는, 광감응성 색변환 구조체.

[식 3]

$$\Delta V_1 > \Delta V_2$$

(상기 ΔV_1 은 상기 광감응성 물질의 광자극시 부피증가량이며, 상기 ΔV_2 는 상기 유연기판에 포함된 유연성 물질의 광자극시 부피증가량이다)

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 광변형층의 타 면에 적층되는 전도층을 더 포함하는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 전도층은 금속 나노와이어(nanowire)를 포함하는, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 전도층은 가시광선 대역에서의 평균 투과도가 40% 이상인, 광감응성 색변환 구조체.

청구항 14

희생기판 상에 임시층을 적층하는 임시층 적층단계;

상기 임시층의 상부에 유연기판을 적층하는 유연기판 적층단계;

상기 유연기판의 상부에 광감응층을 적층하는 광감응층 적층단계;

상기 광감응층의 상부에 광결정층을 적층하는 광결정층 적층단계; 및

상기 임시층을 제거하여 상기 유연기관 및 상기 광감응층을 포함하는 광변형층과 광결정층을 희생기관으로부터 박리하는 박리단계; 를 포함하고,

상기 광감응층은 광자극시 가역적으로 구부러져 굴곡부에 굽힘각도가 발생하며 상기 광감응층의 굽힘각도가 변화함에 따라 상기 광결정층의 반사파장이 가역적으로 변화하는, 광감응성 색변환 구조체의 제조방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 광감응층은 광감응성 작용기를 함유하는 고분자를 포함하는, 광감응성 색변환 구조체의 제조방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 박리단계 후에 유연기관의 하부에 전도층을 적층하는 전도층 적층단계를 더 포함하는, 광감응성 색변환 구조체의 제조방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 전도층 적층단계는 전도성 물질을 함유하는 용액의 도포로 수행되는, 광감응성 색변환 구조체의 제조방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 전도성 물질은 금속 나노와이어(nanowire)를 포함하는, 광감응성 색변환 구조체의 제조방법.

청구항 19

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 기재된 광감응성 색변환 구조체를 포함하는, 광감응성 색변환 소자.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 소자는 액추에이터, 센서 또는 시각표시장치인, 광감응성 색변환 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 서로 다른 파장 및 세기의 광자극에 의하여 반사되는 광의 파장이 달라지는 색변환 구조체 및 이를 응용한 전자소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유·무기 나노복합소재는 유기물과 무기물의 대비되는 물성을 조합하여 광범위한 특성을 구현할 수 있는 소재이다. 나아가, 이러한 나노복합소재의 기능적인 특성은 광, 화학적 자극, 전자기장, 기계적 힘, 열과 같은 자극에 의하여 조작될 수 있다. 이러한 자극을 가하여 나노복합소재의 특성을 큰 폭으로 변화시킬 수 있다면, 이를 전자소자에 활용할 수 있다. 상기 전자소자에 사용하는 나노복합소재는 자극의 유무에 따라 명확하게 다른 특성을 나타내야 하고, 가역적인 메커니즘이 수반되어야 한다. 이러한 조건을 충족하는 나노복합소재는 센서, 광검출기, 메모리장치, 약물전달시스템, 디스플레이 등과 같은 다양한 분야에 활용될 수 있다.

[0003] 광은 소재에 직접 접촉하지 않으면서 파장에 따라 원격 조절이 가능하기 때문에 유용한 자극 중 하나이다. 따라서, 광을 자극으로 하는 광촉매, 약물전달시스템, 에너지전환장치 등 광감응성 나노복합소재는 다양한 분야에서 사용되고 있다. 나아가 인가하는 광의 특성에 따라 광감응성 나노복합소재의 다중 반응을 유도할 수 있다면 활

용 분야를 확장시킬 수 있다.

[0004] 그러나, 이러한 나노복합소재의 다중반응 중 광변형에 의한 구조색 조절에 관한 연구는 미비하며, 나노복합소재의 스마트 디바이스, 의학용 디바이스 및 디스플레이로의 분야확장이 진부한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 서로 다른 파장 및 세기의 광에 의하여 굽힘과 반사광이 조절되는 광감응성 색변환 구조체를 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명의 다른 목적은 상기 광감응성 색변환 구조체를 사용하여 소자의 동작 상태 및 위치가 가시적으로 표현되는 센서, 액추에이터 등의 전자소자를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 광감응성 색변환 구조체를 사용하여 각 픽셀이 동적 변형에 따라 색상이 변화하는 디스플레이를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 유연기관 및 유연기관의 일 면에 적층되는 광감응층을 포함하는 광변형층; 및 상기 광변형층 일 면에 적층되는 광결정층; 을 포함하고, 상기 광감응층은 광자극시 가역적으로 팽창하며, 상기 광변형층은 상기 광감응층의 팽창으로 인해 구부러져 굴곡부에 굽힘각도가 발생하고, 상기 광변형층의 굽힘각도가 변화함에 따라 상기 광결정층의 반사파장이 가역적으로 변화한다.

[0009] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광감응층이 광감응성 작용기를 함유하는 고분자를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광감응성 작용기가 1,2-디페닐디아젠(1,2-diphenyldiazene), N-벤질리덴아닐린(N-benzylideneaniline), α -시아노스틸벤(α -cyanostilbene), 스파이로벤조피란(spirobenzopyran) 및 이의 유도체를 포함하는 군에서 하나 또는 둘 이상 선택될 수 있다.

[0011] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광자극이 가시광선 파장대역의 광일 수 있다.

[0012] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광자극의 세기와 상기 굽힘각도의 관계가 하기 식 1을 만족할 수 있다.

[식 1]

$$\theta = A \times P$$

[0015] (상기 식 1에서, 상기 θ 는 상기 굽힘각도($^{\circ}$)이며, 상기 P는 상기 광자극의 세기(Watt)이며, A는 0.01 내지 1의 실수이고, θ 는 0° 내지 90° 의 범위를 가진다.)

[0016] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광감응층의 두께와 상기 굽힘각도의 관계가 하기 식 2를 만족할 수 있다.

[식 2]

$$\theta = B \times L^C$$

[0019] (상기 식 2에서, 상기 θ 는 상기 굽힘각도($^{\circ}$)이고, 상기 L은 상기 광감응층의 두께(μm)이며, 상기 B는 20,000 내지 40,000인 실수이고, 상기 C는 -3 내지 -1인 실수이며, 상기 θ 는 0° 내지 90° 의 범위를 가진다)

[0020] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 반사파장이 가시광선 파장대역에서 상기 굽힘각도에 따라 변화할 수 있다.

[0021] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 굽힘각도가 0도일 때 상기 반사파장이 600 내지 800 nm 일 수 있고, 상기 굽힘각도가 증가함에 따라 상기 반사파장은 반비례관계를 갖을 수 있으며, 상기 굽힘각도의 최대값은 90° 이고, 상기 반사파장의 최소값은 300 내지 400 nm 일 수 있다.

[0022] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 유연기관이 생체 적합성 천연 고분자일 수 있다.

- [0023] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 유연기관이 광자극시 가역적으로 팽창할 수 있으며, 상기 유연기관에 포함된 유연성 물질의 광자극시 부피증가량과 상기 광감응층에 포함된 광감응성 물질의 광자극시 부피증가량이 하기 식 3을 만족할 수 있다.
- [0024] [식 3]
- [0025] $\Delta V_1 > \Delta V_2$
- [0026] (상기 ΔV_1 은 상기 광감응성 물질의 광자극시 부피증가량이며, 상기 ΔV_2 는 상기 유연기관에 포함된 유연성 물질의 광자극시 부피증가량이다)
- [0027] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광변형층의 타 면에 적층되는 전도층을 더 포함할 수 있다.
- [0028] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 전도층이 금속 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 전도층이 가시광선 대역에서의 평균 투과도가 40% 이상일 수 있다.
- [0030] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체의 제조방법은 희생기관 상에 임시층을 적층하는 임시층 적층단계; 상기 임시층의 상부에 유연기관을 적층하는 유연기관 적층단계; 상기 유연기관의 상부에 광감응층을 적층하는 광감응층 적층단계; 상기 임시층을 제거하여 상기 유연기관 및 상기 광감응층을 포함하는 광변형층을 희생기관으로부터 박리하는 광변형층 박리단계; 및 상기 광변형층의 유연기관측 상부에 광결정층을 적층하는 광결정층 적층단계; 를 포함하고, 상기 광감응층은 광자극시 가역적으로 구부러져 굴곡부에 굽힘각도가 발생하며, 상기 광감응층의 굽힘각도가 변화함에 따라 상기 광결정층의 반사파장이 가역적으로 변화한다.
- [0031] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체의 제조방법은 상기 광감응층이 광감응성 작용기를 함유하는 고분자를 포함할 수 있다.
- [0032] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체의 제조방법은 상기 박리단계의 후에 유연기관의 하부에 전도층을 적층하는 전도층 적층단계를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체의 제조방법은 상기 전도층 적층단계가 전도성 물질을 함유하는 용액의 도포로 수행될 수 있다.
- [0034] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 구조체의 제조방법은 상기 전도성 물질이 금속 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0035] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 소자는 상술한 색변환 구조체를 포함할 수 있다.
- [0036] 본 발명에 따른 광감응성 색변환 소자는 액추에이터, 센서 또는 시각표시장치일 수 있다.

발명의 효과

- [0037] 본 발명의 광감응성 색변환 구조체는 인가 광의 파장 및 세기에 따라 반사되는 광의 파장이 달라지며 특정 파장 대역의 광자극을 가할 시 굽힘 현상이 가역적으로 발생하여 광신호의 상태에 따라 다양하게 동작 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 본 발명의 광감응성 색변환 구조체의 모식도이다.
- 도 2는 실시예 1(Red), 실시예 2(Green) 및 실시예 3(Blue)에서, 광결정층의 입자간 거리에 따른 구조색의 변화 메커니즘을 간략히 나타낸 모식도이다.
- 도 3은 실시예 1(빨강), 실시예 2(초록) 및 실시예 3(파랑)에 따른 광감응성 색변환 구조체의 반사색을 광학현미경으로 촬영한 이미지이다.
- 도 4는 실시예 2에 따른 광감응성 색변환 구조체의 굽힘에 따라 반사색이 변화하는 것을 광학현미경으로 촬영한 이미지이다.
- 도 5는 분광광도계(microspectrophotometer)를 사용하여 실시예 1의 광감응성 색변환 구조체의 굽힘각도에 따른 반사율을 측정하여 도식화한 이미지이다. 굽힘각도는 각각 초기 상태(initial state)에서 0°, tilt 1에서 10°, tilt 2에서 20°, tilt 3에서 30° 및 tilt 4에서 40° 이다.

도 6은 실시예 1의 광감응성 색변환 구조체에 550 nm 파장, 450 W의 광자극을 가해 시간별로 상기 광감응성 색변환 구조체가 구부러지는 것을 촬영한 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 본 명세서에 기재된 실시 형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 일 구현예에 따른 기술이 이하 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 또한 일 구현예의 실시 형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 개시를 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [0040] 또한, 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.
- [0041] 또한, 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서, 막(층), 영역 또는 구성요소 등의 부분이 다른 부분 “상에”, “상부에”, “상단에”, “하에”, “하부에”, “하단에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부분이 다른 부분에 접해 있는 경우 뿐만 아니라 두 부분 사이에 또 다른 부분이 존재하는 경우도 포함한다.
- [0042] 또한, 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 정도의 용어 “약”, “실질적으로” 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위하여 사용된다.
- [0043] 또한, 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하는 목적으로 사용된다.
- [0044] 또한, 본원 명세서 전체에서, “~하는 단계” 또는 “~의 단계”는 “~를 위한 단계”를 의미하지 않는다.
- [0045] 또한, 본 명세서에서 사용되는 수치 범위는 하한치와 상한치와 그 범위 내에서의 모든 값, 정의되는 범위의 형태와 폭에서 논리적으로 유도되는 증분, 이중 한정된 모든 값 및 서로 다른 형태로 한정된 수치 범위의 상한 및 하한의 모든 가능한 조합을 포함한다.
- [0046] 또한, 본 발명의 명세서에서 특별한 정의가 없는 한 실험오차 또는 값의 반올림으로 인해 발생할 가능성이 있는 수치범위 외의 값 역시 정의된 수치범위에 포함된다.
- [0047] 나아가, 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 특별히 한정하지 않는 한, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.
- [0048] 이하, 본 발명의 광감응성 색변환 구조체 및 이의 제조방법과 상기 광감응성 색변환 구조체를 사용한 광감응성 색변환 소자에 대해 상세히 설명한다.
- [0049] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 구조체는 유연기관 및 유연기관 및 상기 유연기관의 일 면에 적층되는 광감응층을 포함하는 광변형층; 및 상기 광변형층의 일 면에 적층되는 광결정(photonic crystal)층; 을 포함하고, 상기 광감응층은 광자극시 가역적으로 팽창하며, 상기 광변형층은 상기 광감응층의 팽창으로 인해 구부러져 굴곡부에 굽힘각도(bending angle)가 발생하고, 상기 광변형층의 굽힘각도가 변화함에 따라 상기 광결정층의 반사 파장이 가역적으로 변화한다.
- [0050] 상세하게, 상기 광감응성 색변환 구조체는 상기 광감응층이 광자극에 의해 부피가 팽창하여 상기 광변형층의 굽힘이 유도되고, 상기 광변형층의 굽힘각도에 따라 상기 광결정층의 입자간 거리가 변화하여 광결정층의 반사 파장이 변화하며, 상기 광자극의 파장과 세기에 따른 광결정층의 반사 파장의 변화에 따라 다양한 구조색을 나타내는 장치로서의 역할을 할 수 있다.
- [0051] 일 구현예에 따른 상기 광감응층은 광감응성 작용기를 함유하는 고분자를 포함한다. 상세하게, 상기 광감응성 작용기를 함유하는 고분자는 1,2-디페닐디아젠(1,2-diphenyldiazene), N-벤질리덴아닐린(N-benzylideneaniline), 알파-시아노스틸벤(α -cyanostilbene), 스피로벤조피란(spirobenzopyran) 및 이의 유도체를 포함하는 군에서 하나 또는 둘 이상 선택되는 작용기를 포함하는 고분자일 수 있다. 상술한 작용기를 포

합하는 고분자는 광 자극시 시스-트랜스 이성질체화를 통하여 부피가 변화할 수 있으며 상기 고분자의 부피변화로 인해 상기 광감응성 색변환 구조체가 구부러져 굽힘각도가 발생할 수 있다.

[0052] 상기 작용기를 포함하는 고분자로는 유연(flexible) 고분자라면 제한없이 사용될 수 있고, 구체적으로 유리전이 온도가 25℃ 이하, 10℃ 이하 또는 0℃ 이하의 유연 고분자일 수 있고, 보다 구체적으로 폴리우레탄계 중합체 또는 실록산계 중합체일 수 있다.

[0053] 유리한 일 예로, 상기 광감응층은 아조벤젠 유도체인 1-(4-(헥스-5-에닐옥시)페닐)-2-페닐디아젠(1-(4-(Hex-5-enyloxy)phenyl)-2-phenyldiazene)이 삽입된 폴리(디메틸실록산)(poly(dimethylsiloxane) (AzoPDMS)) 일 수 있다.

[0054] 또 다른 일 구현예에 따른 상기 광감응층은 상술한 작용기를 함유한 고분자를 제외하고 또 다른 광감응성 작용기를 함유한 고분자를 더 포함할 수 있으며 광자극시 이성질체화를 통해 상기 고분자의 부피가 변화하는 어떠한 작용기를 사용해도 무방하다.

[0055] 일 구현예에 따른 상기 광변형층의 광변형은 가시광선 파장대역의 광을 조사하여 발생할 수 있다. 상기 광변형이 가시광선 파장대역의 광을 조사하여 발생할 때, 상기 광감응성 색변환 구조체의 산업적 사용범위가 더 넓어질 수 있고, 사용자가 육안으로 본 발명의 효과를 확인할 수 있으며, 광 조사시 광의 조사부위가 생체적으로 안전한 등의 장점을 가질 수 있다.

[0056] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광자극의 세기와 상기 굽힘각도의 관계가 하기 식 1을 만족할 수 있다.

[식 1]

$$\theta = A \times P$$

[0060] (상기 식 1에서, 상기 θ 는 상기 굽힘각도(°)이며, 상기 P는 상기 광자극의 세기 (Watt)이며, A는 0.01 내지 1의 실수이고, θ 는 0° 내지 90°의 범위를 가진다.)

[0062] 상세하게, 상기 광자극의 세기에 따라 상기 광감응층의 부피 변화가 유도되고, 상기 유연기관과 상기 광감응층과의 부피 차이로 인하여 상기 광변형층이 구부러지며 상기 굽힘각도가 발생하게 된다. 이 때, 상기 굽힘각도는 상기 광자극의 세기에 비례하며, 상기 유연기관 및 상기 광감응층의 물질의 종류에 따라 상기 계수 A를 다양하게 조절할 수 있다. 구체적으로, 상기 계수 A는 0.001 이상, 0.01 이상, 0.05 이상, 0.1 이상, 0.2 이상 또는 0.5 이상일 수 있으며 상한으로는 5 이하, 3 이하 또는 1 이하일 수 있다. 상기 계수 A는 구체적으로, 0.001 내지 5, 구체적으로, 0.01 내지 3, 유리하게는, 0.01 내지 1일 수 있다.

[0063] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광감응층의 두께와 상기 굽힘각도의 관계가 하기 식 2를 만족할 수 있다.

[식 2]

$$\theta = B \times L^C$$

[0067] (상기 식 2에서, 상기 θ 는 상기 굽힘각도(°)이고, 상기 L은 상기 광감응층의 두께(μm)이며, 상기 B는 20,000 내지 40,000인 실수이고, 상기 C는 -3 내지 -1인 실수이며, 상기 θ 는 0° 내지 90°의 범위를 가진다)

[0069] 상세하게, 상기 굽힘각도는 상기 광감응층의 두께와 상기 식 2의 계수 B 및 C가 상술한 범위를 만족할 수 있다. 상기 계수 B 및 계수 C는 상기 광감응층에 포함되는 물질의 구성에 따라 달라질 수 있으며 상기 계수 B 및 C가 식 2의 범위를 만족할 때 상기 광자극에 의해 상기 광변형층이 적절히 구부러질 수 있다.

[0070] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 구조체는 상기 광감응성 색변환 구조체의 반사파장이 상기 굽힘각도에 따라 변화할 수 있다. 상세하게, 상기 광자극으로 상기 광변형층이 구부러지며 상기 광결정층에 압력이 가해지고, 상

기 광결정층의 입자간격이 상기 광결정층에 가해지는 압력에 의해 조절되어 상기 광결정층의 반사파장이 변화하게 된다.

[0071] 일 구현예에 따른 상기 광감응성 색변환 구조체의 상기 광결정층의 반사파장은 상기 굽힘각도가 0도일 때 600 내지 800 nm 일 수 있고, 상기 굽힘각도가 증가함에 따라 상기 반사파장은 감소하는 반비례관계를 갖으며, 상기 반사파장의 최소값은 300 내지 400 nm 일 수 있다. 상세하게, 상기 광결정층은 균일한 직경을 가지는 나노입자가 분산된 형태로 형성된 것을 의미한다. 상기 광결정층은 나노입자가 광결정 지지층 내에 규칙적으로 배열된 오팔 구조일 수 있으며, 또는 광결정 지지층 내에 나노입자의 직경만큼의 공극이 규칙적으로 배열되어 있는 역 오팔 구조일 수 있다.

[0072] 상기 광결정층은 빛의 파장 절반 수준에서 유전상수가 주기적으로 변화함으로써 광밴드갭을 가질 수 있다. 광밴드갭에 해당하는 에너지를 갖는 광자는 광결정층이 갖는 매우 낮은 상태 밀도에 의하여 광결정층 내부로 전파할 수 없게 되며, 광밴드갭이 상술한 특정 가시광선 영역에 존재하는 경우 이를 반사시켜 특정색상 간의 구별을 명확히 할 수 있도록 한다. 상기 나노입자가 규칙적으로 배열될 경우 상기 광결정층은 특정 파장영역의 빛을 반사시켜 다양한 구조색을 띌 수 있다.

[0073] 상기 광결정층은 상기 나노입자 또는 상기 공극의 거리, 상기 나노입자 또는 상기 공극의 직경 및 물질의 굴절률 등에 따라 반사파장이 달라지며 상기 공극의 거리는 상기 굽힘각도로 인하여 조절될 수 있다.

[0074] 일 구현예에 따른 상기 광결정 지지층은 고분자 화합물일 수 있으며, 유리하게는 아크릴계 중합체일 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 상기 광결정층이 함유하는 상기 나노입자 또는 상기 공극을 단단히 담지하며 부피가 가역적으로 변화할 수 있는 유연성을 가진 물질이면 족하다.

[0075] 일 구현예에 따른 상기 광감응성 색변환 구조체의 상기 유연기관은 생체 적합성 고분자를 포함할 수 있다. 상기 유연기관이 생체 적합성 고분자일 경우, 인체 내부의 삽입 센서 등으로 사용하기에 용이할 수 있으며 바람직하게는 실크 피브로인(silk fibroin) 등의 생체 적합성 고분자일 수 있다.

[0076] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 구조체의 상기 유연기관 또한 광자극시 가역적으로 팽창할 수 있으며 상기 유연기관에 포함된 유연성 물질의 광자극시 부피증가량과 상기 광감응층에 포함된 광감응성 물질의 광자극시 부피증가량은 광자극이 동일한 세기와 파장일 때, 하기 식 3을 만족할 수 있다.

[식 3]

$$\Delta V_1 > \Delta V_2$$

[0080] (상기 ΔV_1 은 상기 광감응성 물질의 광자극시 부피증가량이며, 상기 ΔV_2 는 상기 유연기관에 포함된 유연성 물질의 광자극시 부피증가량이다)

[0082] 상세하게, 상기 ΔV_1 이 ΔV_2 보다 항상 클 때, 상기 광변형층은 상기 광결정층의 입자간 거리가 점차 좁아지는 형태로 구부러질 수 있으며, 이는 본 발명의 기술적 사상인 상기 광결정층의 반사파장이 가시광선 영역에서 변화함을 이루어 낼 수 있다. 상기 ΔV_1 이 ΔV_2 와 같을 때, 상기 광변형층은 상기 광자극시에도 구부러지지 않을 수 있으며, 상기 ΔV_1 이 ΔV_2 보다 작을 때는 상기 광변형층이 상기 광결정층의 입자간 거리가 점차 멀어지는 형태로 구부러져 본 발명이 기대하는 효과를 나타내지 못할 수 있다.

[0083] 일 구현예에 따른 광반응성 색변환 구조체는 상기 광변형층의 타 면에 적층되는 전도층을 더 포함할 수 있다. 상세하게, 상기 광변형층은 특정 광자극시 구부러지는 액추에이터의 역할을 할 수 있으며, 상기 전도층과 결합시 광자극만으로 전기신호를 키고 끄는 광스위치의 역할을 할 수 있다.

[0084] 일 구현예에 따른 광반응성 색변환 구조체는 금속 나노와이어(nanowire)등의 전도성 물질을 도포하여 상기 전도층을 적층할 수 있으며 상기 금속 나노와이어는 전기적 신호를 전달할 수 있는 어떠한 금속을 사용해도 무방하다. 유리한 일 예로, 상기 금속 나노와이어는 은 나노와이어(silver nanowire)일 수 있으며 상기 전도층이 은 나노와이어를 포함하여 인체에 무해하고 높은 전도성을 가지며 가시광 영역에서 높은 투과도를 가질 수 있다.

[0085] 일 구현예에 따른 광반응성 색변환 구조체의 제조방법은 희생기관 상에 임시층을 적층하는 임시층 적층단계; 상

기 임시층의 상부에 유연기관을 적층하는 유연기관 적층단계; 상기 임시층을 제거하여 상기 유연기관 및 상기 광감응층을 포함하는 광변형층을 회생기관으로부터 박리하는 광변형층 박리단계; 및 상기 광변형층의 유연기관 측 하부에 광결정층을 적층하는 광결정층 적층단계; 를 포함하고, 상기 광감응층은 광자극시 가역적으로 구부러져 굴곡부에 굽힘각도가 발생하며 상기 광감응층의 굽힘각도가 변화함에 따라 상기 광결정층의 반사파장이 가역적으로 변화한다.

[0086] 상기 광반응성 색변환 구조체의 제조방법을 서술함에 있어, 광감응층, 광변형층, 전도층 등의 물질, 구조 및 형상이나 크기 등은 앞서 상술한 광반응성 색변환 구조체와 동일 내지 유사함에 따라 본 발명에 따른 광반응성 색변환 구조체의 제조방법은 앞서 광반응성 색변환 구조체에서 상술한 모든 내용을 포함한다.

[0087] 이하, 본 발명의 광반응성 색변환 구조체의 제조방법에 대해 보다 상세히 설명한다.

[0088] 상기 회생기관은 상기 임시층을 적층하기 위한 기관으로, 유리하게는 유리 또는 실리콘 웨이퍼일 수 있으나 본 발명이 상기 회생기관의 재질 및 물성에 한정되는 것은 아니며 상기 임시층의 적층이 용이하도록 충분히 평평하며 상기 임시층을 지지할 수 있을 정도로 단단하면 무방하다.

[0089] 상기 임시층은 임시층의 상부에 상기 유연기관 및 상기 광감응층을 차례로 적층한 후 상기 임시층을 제거하여 상기 유연기관의 하부에 광결정층을 적층하기 위하여 임시로 적층하는 층으로 상기 유연기관 및 상기 광감응층을 적층한 후 제거하기 용이하며 상기 유연기관과 화학적 반응이 일어나지 않는 물질을 사용하면 무방하다. 유리한 일 예로, 상기 임시층은 포토레지스트일 수 있으며 상기 포토레지스트는 빛과의 반응 후에 쉽게 용해되어 현상될 수 있으면 무방하다. 이 때, 상기 현상에 사용하는 현상액은 상기 유연기관 및 상기 광감응층과 화학적 반응이 일어나지 않아야 한다.

[0090] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 구조체의 제조방법은 상기 박리단계 후에 상기 유연기관의 하부에 전도층을 적층하며 상기 전도층은 전도성 물질을 함유하는 용액을 도포할 수 있다. 이 때, 상기 전도성 물질을 함유하는 용액을 도포한 후 추가로 열처리 등의 후처리를 추가할 수 있으며 상술한 후처리는 상기 전도층이 상기 유연기관의 하부에 적층될 수 있도록 조건이 적절히 조절될 수 있다. 이 때, 열처리 등의 상술한 후처리는 상기 광감응층 및 상기 유연기관이 물리적 또는 화학적으로 변형되거나 반응하지 않으면 무방하다. 일 예로, 상기 전도성 물질은 금속 나노와이어일 수 있으며 유리하게는, 상기 전도성 물질은 은 나노와이어일 수 있다.

[0091] 일 구현예에 따른 광감응성 색변환 소자는 상술한 광감응성 색변환 구조체를 포함하는 액추에이터, 센서 또는 시각표시장치일 수 있다.

[0092] 상세하게, 상기 광감응성 색변환 구조체는 광자극시 굽힘각도가 발생하여 전기 신호 스위칭 소자 등의 액추에이터로서 동작할 수 있다.

[0093] 또한, 상기 광감응성 색변환 구조체는 광자극시 반사광의 파장대역이 변화하며, 이를 사용하여 상기 광자극의 파장대역을 역으로 확인할 수 있고, 이러한 메커니즘을 사용하여 광센서로서 동작할 수 있다.

[0094] 또한, 상기 광감응성 색변환 구조체는 광자극으로 색이 변화하며 전기적 스위칭 소자로 작동할 수 있다는 점을 활용하여 디스플레이 등의 시각표시장치로서 사용할 수 있다.

[0095] 상술한 바와 같이 상기 광감응성 색변환 구조체는 광자극에 의해 굽힘각도가 발생하는 액추에이터임과 동시에 상기 광자극의 파장대역에 따라 반사파장이 다양하게 변화하며 광감응층의 물성에 따라 다양한 가시광선 대역의 빛을 반사할 수 있어 센서 소자로서도 활용 가능하다. 이러한 본 발명의 특징에 따라, 상기 광감응성 색변환 구조체는 상술한 소자 외에 무궁무진한 활용이 가능하며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 명세서에 기재된 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

[0096] 이하, 실시예를 하기에 구체적으로 예시하여 설명한다. 다만, 후술하는 실시예는 일부를 예시하는 것일 뿐, 본 명세서에 기재된 기술이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0098] (실시예 1)

[0099] 에탄올 65 ml, 수산화암모늄 8 ml 및 증류수 3 ml의 혼합물을 82℃까지 가열하며 300 rpm으로 교반하였다. 이 때, 상기 혼합물이 50℃에 도달한 시점에서 테트라에틸오쏘실리케이트(tetraethyl orthosilicate) 6 ml를 적가(dropwise)하였다. 상기 적가 후 82℃에서 2시간 동안 반응시킨 후 상기 혼합물을 자연 냉각하였다. 이후, 상기 혼합물을 10000 rpm으로 30분간 원심분리하고 30분간 초음파 분산을 반복하며 증류수로 3회 세척하였다. 상술한

공정으로 수득한 실리카 나노입자를 60℃로 충분히 건조하여 평균입경 286 nm의 실리카 나노입자를 수득하였다.

[0100] 상기 실리카 나노입자를 증류수에 첨가하여 20%의 콜로이드 용액을 제조하였다.

[0101] 1-(4-(Hex-5-enyloxy)phenyl)-2-phenyldiazene 0.8 g, 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane; PDMS) 프리폴리머 1 g, 톨루엔 50 ml 및 H_2PtCl_6 미량을 혼합한 뒤, 질소 분위기 하에서 110 ℃ 하에서 교반하며 24시간 반응시켜 AzoPDMS 프리폴리머를 합성하였다. 상기 합성된 AzoPDMS 프리폴리머 용액에 석유에테르(petroleum ether)를 가하여 침전시킨 후, 회전증발농축기(rotary evaporator)로 용매를 증발시켜 AzoPDMS 프리폴리머를 수득하였다.

[0102] 이후, $2.5 \times 7.5 \text{ cm}^2$ 크기의 유리 기판을 아세톤, 에탄올, 증류수로 소니케이팅 하여 세척한 후, 400 mTorr의 압력하에서 200 W 산소플라즈마 처리를 5분 수행하였다. 이후, 세척된 유리기판 상부에 포토레지스트를 스핀코팅한 뒤 120℃에서 2분간 열처리하였다.

[0103] 이후, 상기 포토레지스트 상부에 실크 피브로인 지지층을 드롭캐스팅 방법으로 적층한 후 건조하였다.

[0104] 이후, 상기 실크 피브로인 지지층 상부에 AzoPDMS 프리폴리머 1 g 당 PDMS 경화제 0.1 g을 혼합한 AzoPDMS 혼합물을 스핀코팅 한 후 80℃의 오븐에서 24시간 경화시켜 AzoPDMS 층을 형성하였다.

[0105] 이후, 상기 AzoPDMS 층 상부에 상기 실리카 나노입자 콜로이드 용액을 딥 코팅 방법으로 적층하고, 상기 포토레지스트를 아세톤으로 제거하여 광결정층/AzoPDMS층(광감응층)/실크피브로인층(유연기판층)으로 구성된 광감응성 색변환 구조체를 제조하였다.

[0107] (실시예 2)

[0108] 실시예 1에서, 에탄올 70 ml, 수산화암모늄 8 ml 및 증류수 3 ml의 혼합물을 82℃까지 가열하며 300 rpm으로 교반하여 평균입경 243 nm의 실리카 나노입자를 수득하여 사용한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 방법으로 광감응성 색변환 구조체를 제조하였다.

[0109] (실시예 3)

[0110] 실시예 1에서, 에탄올 75 ml, 수산화암모늄 8 ml 및 증류수 3 ml의 혼합물을 82℃까지 가열하며 300 rpm으로 교반하여 평균입경 200 nm의 실리카 나노입자를 수득하여 사용한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 방법으로 광감응성 색변환 구조체를 제조하였다.

[0112] (실시예 4)

[0113] 실시예 1에서, 상기 포토레지스트를 아세톤으로 제거하는 공정 직후에 은 나노 와이어 용액을 실크피브로인층 하부에 도포하는 것을 제외하고, 실시예 1과 동일하게 광감응성 색변환 구조체를 제조하였다.

[0115] (실험예 1)

[0116] 광학현미경을 사용하여 실시예 1, 실시예 2 및 실시예 3에서 제조한 광감응성 색변환 구조체의 반사색을 촬영하여 도 3에 도시하였다. 실시예 1, 실시예 2 및 실시예 3은 각각 빨강, 초록 및 파랑의 구조색을 나타냄을 확인할 수 있었다.

[0118] (실험예 2)

[0119] 광학현미경을 사용하여 실시예 2에서 제조한 광감응성 색변환 구조체의 굽힘에 따른 반사색을 촬영하여 도 4에 도시하였다. 굽힘각도에 따라 구조색이 변화함을 확인할 수 있었다.

[0121] (실험예 3)

[0122] 분광광도계(microspectrophotometer)를 사용하여 실시예 2에서 제조한 광감응성 색변환 구조체의 굽힘각도에 따른 반사율을 측정하여 도 5에 도시하였다. 초기 상태(initial state)에 비해 광감응성 색변환 구조체가 굽혀지며 반사 파장이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 초기상태(initial state)에서는 굽힘각도 0° , tilt 1은 10° , tilt 2는 20° , tilt 3은 30° 및 tilt 4는 40° 로 각각 굽혀 측정하였다.

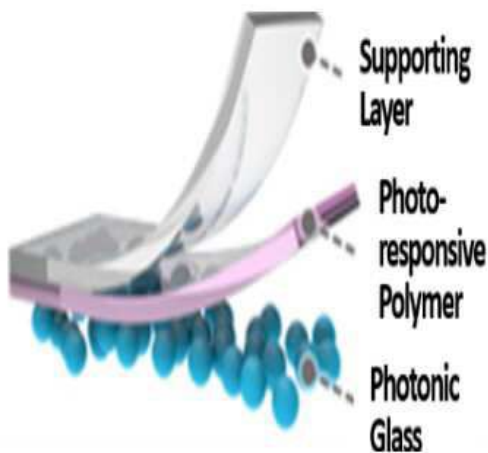
[0124] (실험예 4)

[0125] 실시예 1의 광감응성 색변환 구조체에 550 nm 파장, 450 W의 광자극을 가해 상기 광감응성 색변환 구조체가 구부러지는 것을 확인하여 도 6에 도시하였다.

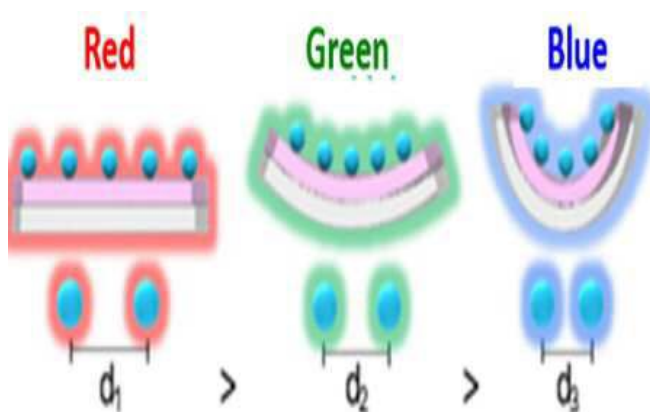
[0127] 이상과 같이 본 명세서에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예에 의해 본 발명이 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것을 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 명세서에 기재된 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 명세서에 기재된 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3



▲ AzoPDMS에 도포된 R/G/B Silica 광유리의 광학현미경 사진

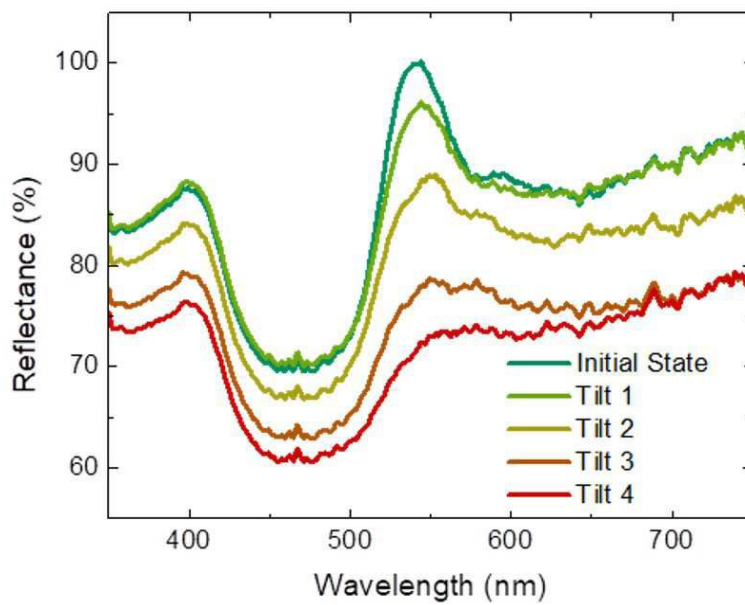
도면4



AzoPDMS/광유리(G) 필름 AzoPDMS/광유리(G) 필름의 구조색 변화

▲ AzoPDMS/광유리(G) 필름의 굽힘에 따른 구조색 변화

도면5



도면6

