(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월01일
(11) 등록번호 10-2562621
(24) 등록일자 2023년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 1/00 (2022.01) *C23C 14/20* (2006.01)
G02B 1/04 (2006.01) *G02B 5/18* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 1/002 (2013.01)
C23C 14/205 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0056791
(22) 출원일자 2022년05월09일
심사청구일자 2022년05월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180054544 A
KR1020180127392 A
KR1020200094088 A
KR1020220134419 A

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이재범
경기도 화성시 동탄순환대로21길 54, 1331동 204호(청계동, 동탄2신도시 센트럴 푸르지오)
곽주용
대전광역시 유성구
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
원대규

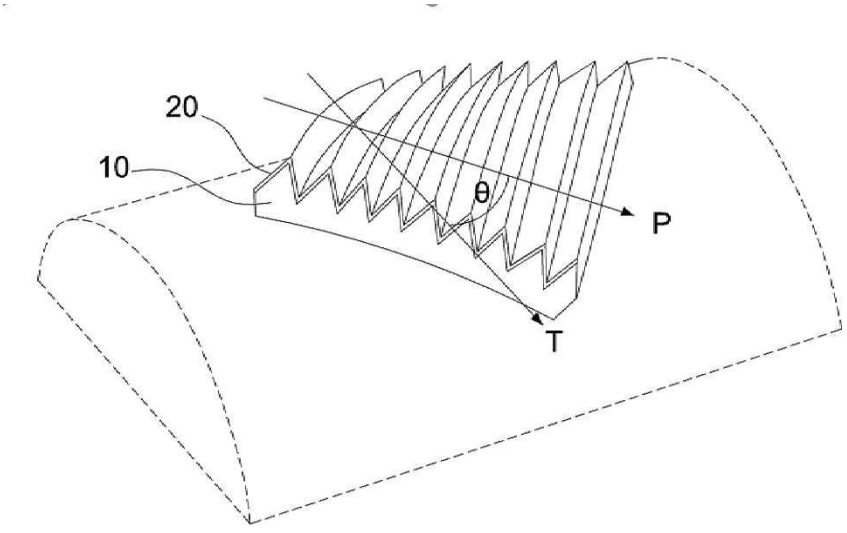
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 윤영진

(54) 발명의 명칭 **카이로옵티컬 기판 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 금속층을 포함하고, 상기 금속층 표면에 요철 패턴을 포함하며, 기판 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도(Θ)가 0° < Θ < 90° 또는 90° < Θ < 180° 중 어느 하나의 각도이고, 구조적 카이랄성을 나타내는 기판으로서, 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내고, 동시에 유연성을 갖는 필름 형태의 기판으로서 광전자공학, 센서, 박막 등 다양한 기술 분야에 적용 가능한 2차원 광학 재료로 기능할 수 있는 카이로옵티컬 기판 및 이의 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
G02B 1/04 (2013.01)
G02B 5/1847 (2013.01)
G02B 5/1866 (2013.01)

(72) 발명자
박세정
광주광역시 서구 하남대로680번길 10, 511동 504호(동천동, 호반베르디움)
최화영
대전광역시 유성구 궁동로14번길 13, 202호(궁동)
투마 레마 테쇼메
대전광역시 유성구 문화원로10번길 51, 104호(장대동)
이재경
대전광역시 유성구 진잠로42번길 88, 101동 608호(원내동, 진잠타운아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711166961
과제번호	2019R1A2C2007825
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	카이랄성 안정제에 따른 나노구조체의 카이랄성 변동 연구 및 물리/진단센서 응용
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2024.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711149678
과제번호	2019K1A3A1A18116066
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	국가간협력기반조성(R&D)
연구과제명	무질서한 광-자기 구조에 관한 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교
연구기간	2020.08.01 ~ 2022.07.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 금속층을 포함하고,

상기 금속층 표면에 요철 패턴을 포함하며,

기판 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고,

상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도(Θ)가 0° < Θ < 90° 또는 90° < Θ < 180° 중 어느 하나의 각도인,

카이로옵티컬(Chiroptical) 기판.

청구항 2

제1항에 있어서,

하기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수(Chirality indicator Index)가 0 초과, 10.0 이하인,

카이로옵티컬 기판:

[식 1]

$$\frac{Pmax \times |Sin(2\theta)|}{d \times r}$$

상기 식 1에서,

상기 Pmax는 상기 카이로옵티컬 기판의 원편광 이색성 분광 스펙트럼(CD, Circular Dichroism Spectroscopy)의 최대 피크 값의 절대값이고,

상기 Θ는 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도이며,

상기 d는 상기 요철 패턴의 요부 이격 거리(㎛) 값이고,

상기 r은 상기 굴곡부의 곡률 반경(cm) 값이다.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수(Chirality indicator Index)가 0.5 내지 10.0인,

카이로옵티컬 기판.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수지층은 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하는,

카이로옵티컬 기판.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 금속층은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를

포함하는,

카이로옵티컬 기판.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 수지층의 두께는 0.1mm 내지 2.0mm이고,

상기 금속층의 두께는 0nm 초과, 20nm 이하인,

카이로옵티컬 기판.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 굴곡부는 상기 금속층 측 표면을 기준으로 오목부인,

카이로옵티컬 기판.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 굴곡부는 상기 금속층 측 표면을 기준으로 볼록부인,

카이로옵티컬 기판.

청구항 9

요철 패턴의 역상 패턴을 포함하는 몰드(mold)를 제공하는 단계;

상기 몰드 상에 수지 조성물을 도포 및 경화한 후 탈착하여 상기 요철 패턴을 갖는 수지층을 제조하는 단계;

상기 수지층의 상기 요철 패턴이 배치된 표면 상에 금속을 증착하여 금속층을 제조하는 단계; 및

상기 요철 패턴의 패턴 방향과 $0^\circ < \Theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \Theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계;를 포함하는,

카이로옵티컬(Chiroptical) 기판의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 수지층을 제조하는 단계에서,

상기 수지 조성물이 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하고,

상기 수지 조성물은 50℃ 내지 100℃의 온도에서 4시간 내지 8시간 경화되는,

카이로옵티컬 기판의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 카이랄성(Chirality)을 가지면서 광학용으로 활용 가능한 기판에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 카이랄성(Chirality)이란 수학, 화학, 물리학, 생물학 등 다양한 과학 분야에서 비대칭성을 가리키는 용어로 광

범위하게 사용되고 있다. 이는 어떠한 대상이 거울에 비춘 모양과 합동을 이루지 않을 때 그 두 대상의 관계를 일컫는다. 자연에 존재하는 대부분의 물질은 카이랄성을 지니고 있다. 예를 들어, 아미노산의 경우, 대부분 L-아미노산(L-amino acid)으로 이루어져 있으며, 당류의 경우 D-당류(D-Sugar)가 주류를 이루고 있다. 이와 같은 생체 유기물들은 대부분 한쪽-카이랄성(homo-chirality)을 지니고 있기 때문에 이를 거르는 물질과 생체 반응을 하게 될 경우, 유기체에 치명적인 손상을 일으킬 수 있다. 최근 이러한 카이랄성의 기원을 밝히기 위한 노력의 일환으로 3차원 구조에 카이랄성을 도입하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 카이랄성을 갖는 3차원 구조는 예를 들어, 템플릿(templete) 재료를 이용하거나 빛 또는 자기장 등에 의해 유도된 자가 조립 등의 방법을 통해 제조되어 왔다. 다만, 3차원 구조에 카이랄성을 도입하는 연구에 비하여 상대적으로 2차원 구조에 카이랄성을 도입하는 연구는 그 진행이 미비한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 일 구현예는 구조적으로 카이랄성을 나타내면서 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내고, 유연성을 가지는 2차원 광학 재료로서 광전자공학, 센서, 박막 등에 적용 가능한 카이로옵티컬 기판을 제공한다.

[0004] 본 발명의 다른 구현예는 구조적으로 카이랄성을 나타내면서 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내고, 유연성을 가지는 2차원 광학 재료로서 광전자공학, 센서, 박막 등에 적용 가능한 기판을 제조하는 수단으로서 카이로옵티컬 기판의 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 구현예에서, 수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 금속층을 포함하고, 상기 금속층 표면에 요철 패턴을 포함하며, 기판 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도(Θ)가 $0^\circ < \Theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \Theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도인, 카이로옵티컬(Chiroptical) 기판을 제공한다.

[0006] 상기 카이로옵티컬 기판은 하기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수(Chirality indicator Index)가 0 초과, 10.0 이하일 수 있다.

[0007] [식 1]

[0008] $$\frac{Pmax \times |Sin(2\theta)|}{d \times r}$$

[0009] 상기 식 1에서, 상기 Pmax는 상기 카이로옵티컬 기판의 원편광 이색성 분광 스펙트럼(CD, Circular Dichroism Spectroscopy)의 최대 피크 값의 절대값이고, 상기 Θ는 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도이며, 상기 d는 상기 요철 패턴의 요부 이격 거리(㎛) 값이고, 상기 r은 상기 굴곡부의 곡률반경(㎝) 값이다.

[0010] 상기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수(Chirality indicator Index)가 0.5 내지 10.0일 수 있다.

[0011] 상기 수지층은 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 금속층은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 수지층의 두께는 약 0.1㎜ 내지 약 2.0㎜일 수 있고, 상기 금속층의 두께는 0㎚ 초과, 약 20㎚ 이하일 수 있다.

[0014] 상기 굴곡부는 상기 금속층 측 표면을 기준으로 오목부일 수 있다.

[0015] 상기 굴곡부는 상기 금속층 측 표면을 기준으로 볼록부일 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 구현예에서, 요철 패턴의 역상 패턴을 포함하는 몰드(mold)를 제공하는 단계; 상기 몰드 상에

수지 조성물을 도포 및 경화한 후 탈착하여 상기 요철 패턴을 갖는 수지층을 제조하는 단계; 상기 수지층의 상기 요철 패턴이 배치된 표면 상에 금속을 증착하여 금속층을 제조하는 단계; 및 상기 요철 패턴의 패턴 방향과 $0° < \Theta < 90°$ 또는 $90° < \Theta < 180°$ 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계;를 포함하는, 카이로옵티컬(Chiroptical) 기판의 제조방법을 제공한다.

[0017] 상기 수지층을 제조하는 단계에서, 상기 수지 조성물이 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하고, 상기 수지 조성물은 50℃ 내지 100℃의 온도에서 4시간 내지 8시간 경화될 수 있다.

발명의 효과

[0018] 상기 카이로옵티컬 기판은 구조적으로 카이랄성을 나타내면서 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내고, 동시에 유연성을 갖는 필름 형태의 기판으로서 광전자공학, 센서, 박막 등 다양한 기술 분야에 적용 가능한 2차원 광학 재료로서 기능할 수 있다.

[0019] 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 상기 카이로옵티컬 기판을 제조할 수 있는 효과적인 수단으로서 이를 통해 제조된 상기 카이로옵티컬 기판의 전술한 기술적 이점을 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 일 구현예에 따른 상기 수지층 및 상기 금속층을 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 2는 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기판을 개략적으로 도시한 정면도이다.

도 3은 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기판을 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 4의 (a) 내지 (c)는 각각 일 구현예에 따른 상기 요철 패턴의 단면을 촬영한 원자현미경(AFM, Atomic Force Microscopy) 사진과 각각의 높이 프로파일 그래프를 도시한 것이다.

도 5의 (a) 및 (b)는 각각 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기판의 두께 방향 단면을 개략적으로 도시한 것이다.

도 6은 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법의 순서를 개략적으로 도식화한 것이다.

도 7은 실시예 1-1 내지 1-6에서 제조된 각각의 기판과 비교예 1-1 내지 1-3에서 제조된 각각의 기판에 대하여 측정된 CD 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 8은 실시예 1-1 내지 1-6에서 제조된 각각의 기판과 비교예 1-1 내지 1-3에서 제조된 각각의 기판에 대하여 측정된 자외선-가시광선 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 후술하는 구현예 또는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 구현예 또는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 하기 명시된 구현예 또는 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이고, 본 발명의 권리 범위는 청구범위의 범주에 의해 정의된다.

[0022] 도면에서, 필요에 따라, 층 또는 영역을 명확하게 표현하기 위하여 일부 구성의 두께를 확대하여 나타내었다. 또한, 도면에서, 설명의 편의를 위해, 일부 층 및 영역의 두께를 과장되게 나타내었다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0023] 또한, 본 명세서에서 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상부에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함하는 것으로 해석된다. 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 의미하는 것으로 해석한다. 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "아래에" 또는 "하부에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 아래에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함하는 것으로 해석된다. 어떤 부분이 다른 부분 "바로 아래에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것으로 해석한다.

[0024] 이하, 본 발명에 따른 구현예에 관하여 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 본 발명에 따른 일 구현예에서, 수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 금속층을 포함하고, 상기 금속층 표면에 요철 패턴을 포함하며, 기판 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도(Θ)가 0° < Θ < 90° 또는 90° < Θ < 180° 중 어느 하나의 각도인 카이로옵티컬(Chiroptical) 기판을 제공한다.

[0027] 본 명세서에서, '카이로옵티컬(Chiroptical)' 기판은 전체 구조가 구조적 카이랄성을 나타내면서 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내는 기판을 일컫는다. 상기 '기판'은 상기 수지층과 상기 금속층의 적층체를 포함하는 판(board) 형상의 구조를 지칭하기 위한 용어이며, 그 형태는 통상의 필름 혹은 박막 형태일 수도 있고, 필요에 따라 필름 또는 박막보다 두꺼운 두께를 가지는 형태일 수도 있다.

[0028] 도 1은 일 구현예에 따른 상기 수지층(10) 및 상기 금속층(20)을 개략적으로 도시한 사시도이다. 도 1을 참조할 때, 상기 수지층(10)의 일면 상에 상기 금속층(20)이 배치되고, 상기 금속층(20)의 표면에 요철 패턴(40)이 포함된다.

[0029] 도 2는 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기판(100)을 개략적으로 도시한 정면도이다. 도 2를 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판(100)은 상기 도 1에 도시된 바와 같은 상기 수지층(10) 및 상기 금속층(20)의 적층체를 포함하고, 상기 기판(100) 전체가 Z축 방향으로 만곡된 굴곡부를 포함할 수 있다. 또한, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 금속층(20) 표면의 요철 패턴의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)가 0° < Θ < 90° 또는 90° < Θ < 180° 범위 중 어느 하나의 각도일 수 있다. 도 2의 (a)는 상기 각도(Θ)가 45° 인 경우를 일 예시로서 도시한 것이고, 도 2의 (b)는 상기 각도(Θ)가 135° 인 경우를 일 예시로서 도시한 것이다.

[0030] 도 3은 상기 수지층(10) 및 상기 금속층(20)의 적층체를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 금속층(20) 표면의 요철 패턴의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)가 45° 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판을 다른 측면에서 도시한 사시도이다.

[0031] 상기 카이로옵티컬 기판(100)는 상기 금속층(20) 상의 요철 패턴(40); 상기 기판(100) 전체가 만곡된 굴곡부; 및 상기 요철 패턴의 패터닝 방향(P)과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)이 소정의 각도를 이루는 특징이 조합된 결과로서 카이랄성을 나타냄과 동시에 유연성을 가지면서 광전자공학, 센서, 박막 등에 적용 가능한 2차원 광학 재료로서 다양하게 기능할 수 있는 이점을 갖는다.

[0032] 도 4의 (a) 내지 (c)는 각각 일 구현예에 따른 상기 요철 패턴(40)의 단면을 촬영한 원자현미경(AFM, Atomic Force Microscopy) 사진과 각각의 높이 프로파일 그래프를 도시한 것이다.

[0033] 도 4의 (a)를 참조할 때, 일 구현예에서, 상기 요철 패턴(40)은 방향성 패턴을 포함할 수 있다. 상기 요철 패턴(40)이 방향성 패턴이라는 것은 상기 요철 패턴(40)의 요부를 기준으로 양 경사의 경사도가 상이한 것을 의미할 수 있다. 여기서, 상기 방향성 패턴의 방향은 경사가 급한 측에서 완만한 측을 향하는 방향일 수 있다. 도 4의 (c)를 참조할 때, 다른 구현예에서, 상기 요철 패턴(40)은 비방향성 패턴을 포함할 수 있다. 상기 요철 패턴(40)이 비방향성 패턴이라는 것은 상기 요철 패턴(40)의 요부를 기준으로 양 경사의 경사도가 실질적으로 차이가 없는 것을 의미할 수 있다.

[0034] 도 2 및 도 3을 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판(100)에 있어서, 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)은 상기 요철 패턴의 요부 및 철부가 반복적으로 확장되는 방향을 의미하는 것으로서, 상기 요철 패턴(40)이 방향성 패턴 또는 비방향성 패턴을 포함하는 경우 모두 패터닝 방향(P)은 존재하게 된다.

[0035] 도 4의 (a)를 참조할 때, 상기 요철 패턴(40)에 있어서, 요부와 요부의 사이의 간격, 즉, 요부 이격 거리(d)는 약 1㎛ 내지 약 10㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 9㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 8㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 7㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 6.5㎛, 예를 들어, 1㎛ 내지 약 6.0㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 5.5㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 4.5㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 3.5㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 3㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 2.5㎛일 수 있다.

[0036] 상기 굴곡부는 상기 기판(100) 전체가 소정의 방향으로 만곡된 구조를 지칭하는 것으로서, 상기 카이로옵티컬 기판(100)에 구조적 비대칭성을 부여하여 카이랄성 나타내도록 한다. 도 5의 (a) 및 (b)는 각각 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기판(100)의 두께 방향 단면을 개략적으로 도시한 것이다. 도 5를 참조할 때, 상기 굴곡부는 소정의 곡률 반경(r)을 가질 수 있다. 일 구현예에서, 상기 굴곡부는 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 오목부 구조일 수 있다. 다른 구현예에서, 상기 굴곡부는 도 5의 (b)에

도시된 바와 같이 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 볼록부 구조일 수 있다. 상기 굴곡부가 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 볼록부인 경우가 오목부인 경우에 비하여 상기 요철 패턴의 구조 변화에 주는 영향력이 크기 때문에 카이랄성 특성이 발현되기가 보다 유리할 수 있다.

[0037] 일 구현예에서, 상기 곡률 반경(r)은 약 1cm 내지 약 10cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 9.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 9cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 8.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 8cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 7.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 6cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 5.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 4.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 3.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 4cm, 예를 들어, 약 1.5cm 내지 약 3.5cm, 예를 들어, 약 1.5cm 내지 약 3cm일 수 있다.

[0038] 도 5를 참조할 때, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)은 상기 기판(100)의 두께 방향 단면을 기준으로 상기 굴곡부 원호 형상의 접선에 해당하는 방향을 의미할 수 있다. 상기 굴곡부의 접선 방향(T)은 전술한 바와 같이, 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)과 소정의 각도를 이룸으로써 상기 카이로옵티컬 기판(100)에 비대칭성을 부여하여 카이랄성을 나타내도록 할 수 있다.

[0039] 일 구현예에서, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)는 $0^\circ < \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $5^\circ \leq \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $10^\circ \leq \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $15^\circ \leq \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $20^\circ \leq \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $25^\circ \leq \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $30^\circ \leq \Theta < 90^\circ$, 예를 들어, $0^\circ < \Theta \leq 85^\circ$, 예를 들어, $0^\circ < \Theta \leq 80^\circ$, 예를 들어, $0^\circ < \Theta \leq 75^\circ$, 예를 들어, $0^\circ < \Theta \leq 70^\circ$, 예를 들어, $0^\circ < \Theta \leq 65^\circ$, 예를 들어, $0^\circ < \Theta \leq 60^\circ$, 예를 들어, $5^\circ \leq \Theta \leq 85^\circ$, 예를 들어, $10^\circ \leq \Theta \leq 70^\circ$, 예를 들어, $15^\circ \leq \Theta \leq 65^\circ$, 예를 들어, $20^\circ \leq \Theta \leq 65^\circ$, 예를 들어, $25^\circ \leq \Theta \leq 65^\circ$, 예를 들어, $30^\circ \leq \Theta \leq 60^\circ$ 중 어느 하나의 각도일 수 있다.

[0040] 또는, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)는 $90^\circ < \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $95^\circ \leq \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $100^\circ \leq \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $105^\circ \leq \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $110^\circ \leq \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $115^\circ \leq \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $120^\circ \leq \Theta < 180^\circ$, 예를 들어, $90^\circ < \Theta \leq 175^\circ$, 예를 들어, $90^\circ < \Theta \leq 170^\circ$, 예를 들어, $90^\circ < \Theta \leq 165^\circ$, 예를 들어, $90^\circ < \Theta \leq 160^\circ$, 예를 들어, $90^\circ < \Theta \leq 155^\circ$, 예를 들어, $90^\circ < \Theta \leq 150^\circ$, 예를 들어, $95^\circ \leq \Theta \leq 175^\circ$, 예를 들어, $100^\circ \leq \Theta \leq 170^\circ$, 예를 들어, $105^\circ \leq \Theta \leq 165^\circ$, 예를 들어, $110^\circ \leq \Theta \leq 160^\circ$, 예를 들어, $115^\circ \leq \Theta \leq 155^\circ$, 예를 들어, $120^\circ \leq \Theta \leq 150^\circ$ 중 어느 하나의 각도일 수 있다.

[0041] 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판이 오른쪽 카이랄성을 나타내면, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판은 왼쪽 카이랄성을 나타낼 수 있다.

[0042] 상기 카이로옵티컬 기판(100)은 구조적 카이랄성을 갖는다. 이는 상기 카이로옵티컬 기판(100)이 구조적으로 완전한 비대칭성을 만족하며, 구조 내 거울 평면을 갖지 않는 것을 의미한다. 상기 카이로옵티컬 기판(100)은 이의 카이랄성을 나타내는 지표로서, 하기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수(Chirality indicator Index)가 0 초과, 10.0 이하일 수 있다.

[0043] [식 1]

[0044] $$\frac{Pmax \times |Sin(2\theta)|}{d \times r}$$

[0045] 상기 식 1에서, 상기 Pmax는 상기 카이로옵티컬 기판의 원편광 이색성 분광 스펙트럼(CD, Circular Dichroism Spectroscopy)의 최대 피크 값의 절대값이고, 상기 Θ는 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도이며, 상기 d는 상기 요철 패턴의 요부 이격 거리(㎛) 값이고, 상기 r은 상기 굴곡부의 곡률 반경(㎝) 값이다.

[0046] 일 구현예에서, 상기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수가 약 0.1 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.2 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.3 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.4 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.5 내지 약 10.0,

예를 들어, 약 0.5 초과, 약 10.0 이하일 수 있다.

[0047] 상기 식 1의 값은 상기 각각의 요소에 대하여 명시된 단위의 수치 값의 계산을 통해 도출된 값으로서 단위가 없는 지수로서 나타낸다. 상기 카이랄성 지표 지수가 상기 범위를 만족함으로써 상기 카이로옵티컬 기판은 이에 상응하는 카이랄성을 바탕으로 광전자공학, 센서, 박막, 메타표면 및 2D 나노재료 연구에 적용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0048] 상기 카이로옵티컬 기판(100)은 약 400nm 내지 약 800nm의 파장 범위 중 어느 하나의 파장에 대하여 흡광도가 약 0.1 내지 약 1.0일 수 있고, 예를 들어, 약 0.2 내지 약 0.9일 수 있고, 예를 들어, 약 0.5 내지 약 0.8일 수 있다. 상기 카이로옵티컬 기판이 이와 같은 광학적 특성을 가짐으로써 광전자공학, 센서, 박막 등의 다양한 용도에 적용되기에 보다 유리할 수 있다.

[0049] 일 구현예에서, 상기 수지층(10)은 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다. 상기 수지층(10)이 이와 같은 재질의 수지를 포함함으로써 표면 요철 패턴을 정밀하게 표현하기 유리하며, 상기 카이로옵티컬 기판이 우수한 유연성을 확보하여 다양한 디자인으로 응용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0050] 예를 들어, 상기 수지층(10)은 폴리디메틸실록산(PDMS)을 포함할 수 있고, 상기 폴리디메틸실록산(PDMS)은 염기대 가교제의 질량비가 예를 들어, 약 5:1 내지 약 15:1, 예를 들어, 약 7:1 내지 약 13:1, 예를 들어, 약 8:1 내지 약 12:1, 예를 들어, 약 9:1 내지 약 11:1일 수 있다.

[0051] 일 구현예에서, 상기 수지층(10)의 두께는 약 0.1㎜ 내지 약 2.0㎜, 예를 들어, 약 0.2㎜ 내지 약 1.8㎜, 예를 들어, 약 0.3㎜ 내지 약 1.7㎜, 예를 들어, 약 0.4㎜ 내지 약 1.6㎜, 예를 들어, 약 0.5㎜ 내지 약 1.5㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.4㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.3㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.2㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.1㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.0㎜일 수 있다. 상기 수지층이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기판이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.

[0052] 일 구현예에서, 상기 금속층(20)은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다. 상기 금속층이 이와 같은 재질의 금속을 포함함으로써 상기 수지층의 표면 요철 패턴을 손상시키지 않고 정밀하게 표현하기 유리하며, 상기 카이로옵티컬 기판이 우수한 유연성을 확보하여 다양한 디자인으로 응용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0053] 예를 들어, 상기 금속층은 금(Au)을 포함할 수 있다. 상기 금속층이 금(Au)을 포함하는 경우, 표면 플라즈몬에 의해 유도된 향상된 광물질 상호작용이 제공될 수 있다. 또한, 상기 금속층이 상기 수지층의 요철 패턴 상에 형성되어 보이드(void) 없이 상기 요철 패턴을 우수하게 유지하기에 유리할 수 있다.

[0054] 일 구현예에서, 상기 금속층의 두께는 약 0㎚ 초과, 약 20㎚ 이하일 수 있고, 예를 들어, 약 1㎚ 내지 약 20㎚, 예를 들어, 약 5㎚ 내지 약 20㎚, 예를 들어, 약 10㎚ 내지 약 20㎚일 수 있다. 상기 금속층이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기판이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.

[0056] 본 발명에 따른 다른 구현예에서, 카이로옵티컬 기판의 제조방법을 제공한다. 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 요철 패턴의 역상 패턴을 포함하는 몰드(mold)를 제공하는 단계; 상기 몰드 상에 수지 조성물을 도포 및 경화한 후 탈착하여 상기 요철 패턴을 갖는 수지층을 제조하는 단계; 상기 수지층의 상기 요철 패턴이 배치된 표면 상에 금속을 증착하여 금속층을 제조하는 단계; 및 상기 요철 패턴의 패턴 방향과 $0^\circ < \Theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \Theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 만곡부를 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0057] 상기 제조방법은 상기 금속층 상의 요철 패턴, 상기 기판 전체가 만곡된 굴곡부 및 상기 요철 패턴의 패터닝 방향과 상기 굴곡부의 접선 방향이 소정의 각도를 이루는 특징을 동시에 갖는 카이로옵티컬 기판을 제조하는 방법을 제시함으로써 카이랄성을 나타냄과 동시에 유연성을 가지면서 광전자공학, 센서, 박막 등에 적용 가능한 2차원 광학 재료로서 다양하게 기능할 수 있는 기판을 제공할 수 있다.

[0058] 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법을 통하여 전술한 바에 따른 상기 카이로옵티컬 기판을 제조할 수 있다. 상기 카이로옵티컬 기판에 관하여 도 1 내지 도 5를 참조하여 전술된 모든 특징들은 반복적으로 후술되는 경우뿐만 아니라, 반복적으로 후술되지 않는 경우에도 상기 제조방법에 모두 통합 적용되어 해석될 수 있다.

[0059] 도 6은 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법의 순서를 개략적으로 도식화한 것이다. 도 6의 (a)를 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 요철 패턴의 역상 패턴을 포함하는 몰드(101, mold)를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0060] 일 구현예에서, 상기 몰드(mold)는 폴리에스테르(Polyester)를 포함할 수 있다. 이와 같은 재질의 몰드를 적용함으로써 상기 수지층(10) 상의 요철 패턴을 정확하고 정교하게 전사시키는 것이 보다 유리할 수 있고, 상기 수지층과 상기 몰드를 탈착함에 있어 잔여물 없이 탈착시키기 보다 유리할 수 있으며, 구조 변화 없이 장기 내구성을 구현하는 측면에서 보다 유리할 수 있다.

[0061] 상기 몰드(mold)는 상기 수지층(10)에 형성하기 위한 요철 패턴의 역상 패턴(102)을 포함할 수 있다. 상기 역상 패턴(102)이 상기 수지층(10)에 전사됨으로써 상기 수지층(10) 상에 목적으로 하는 요철 패턴을 형성할 수 있다.

[0062] 도 4의 (a)를 참조할 때, 일 구현예에서, 상기 요철 패턴(40)은 방향성 패턴을 포함할 수 있다. 상기 요철 패턴(40)이 방향성 패턴이라는 것은 상기 요철 패턴(40)의 요부를 기준으로 양 경사의 경사도가 상이한 것을 의미할 수 있다. 여기서, 상기 방향성 패턴의 방향은 경사가 급한 측에서 완만한 측을 향하는 방향일 수 있다. 도 4의 (c)를 참조할 때, 다른 구현예에서, 상기 요철 패턴(40)은 비방향성 패턴을 포함할 수 있다. 상기 요철 패턴(40)이 비방향성 패턴이라는 것은 상기 요철 패턴(40)의 요부를 기준으로 양 경사의 경사도가 실질적으로 차이가 없는 것을 의미할 수 있다.

[0063] 도 2 및 도 3을 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판(100)에 있어서, 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)은 상기 요철 패턴의 요부 및 철부가 반복적으로 확장되는 방향을 의미하는 것으로서, 상기 요철 패턴(40)이 방향성 패턴 또는 비방향성 패턴을 포함하는 경우 모두 패터닝 방향(P)은 존재하게 된다.

[0064] 도 6의 (b) 및 (c)를 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 상기 몰드 상에 수지 조성물(103)을 도포 및 경화한 후 탈착하여 상기 요철 패턴(40)을 갖는 수지층(10)을 제조하는 단계를 포함할 수 있다.

[0065] 상기 수지 조성물(103)은 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다. 상기 수지 조성물이 이와 같은 재질의 수지를 포함함으로써 상기 수지층 표면의 요철 패턴을 정밀하게 표현하기 유리하며, 상기 카이로옵티컬 기판이 우수한 유연성을 확보하여 다양한 디자인으로 응용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0066] 상기 수지 조성물(103)의 점도는 25℃에서 약 1,000cps 내지 약 5,000cps, 예를 들어, 약 1,500cps 내지 약 5,000cps, 예를 들어, 약 2,000cps 내지 약 5,000cps, 예를 들어, 약 2,500cps 내지 약 5,000첸, 예를 들어, 약 3,000cps 내지 약 5,000첸, 예를 들어, 약 3,500cps 내지 약 4,500cps 일 수 있다. 상기 수지 조성물(103)의 점도가 이와 같은 범위를 만족함으로써 상기 몰드 상에 보이드(void) 없이 균일하게 도포될 수 있고, 손상 없이 경화 및 탈착되기에 보다 유리할 수 있다.

[0067] 예를 들어, 상기 수지 조성물(103)은 폴리디메틸실록산(PDMS)을 포함할 수 있고, 상기 폴리디메틸실록산(PDMS)은 염기 대 가교제의 질량비가 예를 들어, 약 5:1 내지 약 15:1, 예를 들어, 약 7:1 내지 약 13:1, 예를 들어, 약 8:1 내지 약 12:1, 예를 들어, 약 9:1 내지 약 11:1일 수 있다.

[0068] 일 구현예에서, 상기 수지 조성물은 약 50℃ 내지 약 100℃의 온도에서 4시간 내지 8시간 경화될 수 있다. 상기 수지 조성물의 경화 온도는 예를 들어, 약 50℃ 내지 약 95℃, 예를 들어, 약 50℃ 내지 약 90℃, 예를 들어, 약 50℃ 내지 약 85℃, 예를 들어, 약 55℃ 내지 약 80℃, 예를 들어, 약 55℃ 내지 약 75℃일 수 있다. 상기 수지 조성물의 경화 시간은 약 4시간 내지 약 7시간, 예를 들어, 약 5시간 내지 약 7시간일 수 있다. 상기 수지 조성물의 경화 온도 및 시간이 이와 같은 범위를 만족함으로써 이로부터 형성된 상기 수지층이 충분한 유연성을 확보할 수 있고, 우수한 광학적 특성을 나타내기에 유리할 수 있다.

[0069] 일 구현예에서, 상기 수지층(10)의 두께는 약 0.1㎜ 내지 약 2.0㎜, 예를 들어, 약 0.2㎜ 내지 약 1.8㎜, 예를 들어, 약 0.3㎜ 내지 약 1.7㎜, 예를 들어, 약 0.4㎜ 내지 약 1.6㎜, 예를 들어, 약 0.5㎜ 내지 약 1.5㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.4㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.3㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.2㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.1㎜, 예를 들어, 약 0.6㎜ 내지 약 1.0㎜일 수 있다. 상기 수지층이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기판이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.

[0070] 도 6의 (c) 및 (d)를 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 상기 수지층(10)의 상기 요철 패턴(40)이 배치된 표면 상에 금속을 증착하여 금속층(20)을 제조하는 단계를 포함할 수 있다.

[0071] 상기 금속을 증착하는 방법은 스퍼터링(sputtering) 공법을 적용할 수 있다. 일 구현예에서, 상기 금속은 상온 조건 하에서 약 1mA 내지 약 10mA, 예를 들어, 약 1mA 내지 약 9mA, 예를 들어, 약 2mA 내지 약 8mA, 예를 들어, 약 3mA 내지 약 7mA, 예를 들어, 약 4mA 내지 약 6mA 조건에서 약 50초 내지 약 350초, 예를 들어, 약 100초 내지 약 300초, 예를 들어, 약 150초 내지 약 250초 동안 스퍼터링 증착될 수 있다.

[0072] 일 구현예에서, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다. 상기 금속층이 이와 같은 재질의 금속을 포함함으로써 상기 수지층의 표면 요철 패턴을 손상시키지 않고 정밀하게 표현하기 유리하며, 상기 카이로옵티컬 기판이 우수한 유연성을 확보하여 다양한 디자인으로 응용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0073] 예를 들어, 상기 금속층은 금(Au)을 포함할 수 있다. 상기 금속층이 금(Au)을 포함하는 경우, 표면 플라즈몬에 의해 유도된 향상된 광물질 상호작용이 제공될 수 있다. 또한, 상기 금속층이 상기 수지층의 요철 패턴 상에 형성되어 보이드(void) 없이 상기 요철 패턴을 우수하게 유지하기에 유리할 수 있다.

[0074] 일 구현예에서, 상기 금속층의 두께는 약 0nm 초과, 약 20nm이하일 수 있고, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 20nm, 예를 들어, 약 5nm 내지 약 20nm일 수 있다. 상기 금속층이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기판이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.

[0075] 상기 금속층(20)을 제조하는 단계에서, 상기 수지층(10) 표면 상의 상기 요철 패턴(40)은 상기 금속층(20) 표면 상에 나타날 수 있다. 즉, 상기 수지층(10) 표면 상에 상기 금속층(20)이 형성되는 과정에서 상기 요철 패턴(40)이 사라지지 않고 실질적으로 변화 없는 형태로 상기 금속층(20) 표면 상으로 드러날 수 있다. 상기 금속층(20)이 이를 만족하는 두께로 형성되고, 적절한 재질의 금속을 포함함으로써 상기 금속층(20)의 표면 상으로 드러난 요철 패턴(40)이 금속의 표면 플라즈몬에 의해 유도된 광물질 상호 작용에 의해 카이랄성 부여에 기여할 수 있다.

[0076] 상기 요철 패턴(40)에 있어서, 요부와 요부의 사이의 간격, 즉, 요부 이격 거리(d)는 약 1㎛ 내지 약 10㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 9㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 8㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 7㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 6.5㎛, 예를 들어, 1㎛ 내지 약 6.0㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 5.5㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 4.5㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 3.5㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 3㎛, 예를 들어, 약 1㎛ 내지 약 2.5㎛일 수 있다.

[0077] 도 6의 (d) 및 (e)를 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 상기 요철 패턴(40)의 패턴 방향(P)과 0° < Θ < 90° 또는 90° < Θ < 180° 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향(T)을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0078] 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법을 통해 제조된 기판은 상기 금속층(20) 상의 요철 패턴(40); 상기 기판 전체가 굴곡된 굴곡부; 및 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)이 소정의 각도를 이루는 특징이 조합된 결과로서 카이랄성을 나타냄과 동시에 유연성을 가지면서 광전자공학, 센서, 박막 등에 적용 가능한 2차원 광학 재료로서 다양하게 기능하는 이점을 갖는다.

[0079] 상기 굴곡부는 상기 기판 전체가 소정의 방향으로 만곡된 구조를 지칭하는 것으로서, 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법을 통하여 제조된 기판에 구조적인 비대칭성을 부여하여 카이랄성을 나타내도록 한다. 상기 굴곡부를 형성하는 단계에서, 상기 굴곡부는 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 오목한 구조를 갖도록 형성될 수도 있고, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 볼록한 구조를 갖도록 형성될 수도 있다. 도 6의 (e)는 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 볼록한 구조를 갖도록 굴곡부가 형성된 일 예시를 도시한 것이다. 상기 굴곡부가 상기 금속층(20) 측 표면을 기준으로 볼록부인 경우가 오목부인 경우에 비하여 상기 요철 패턴의 구조 변화에 주는 영향력이 크기 때문에 카이랄성 특성이 발현되기가 보다 유리할 수 있다.

[0080] 일 구현예에서, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)는 0° < Θ < 90°, 예를 들어, 5° ≤ Θ < 90°, 예를 들어, 10° ≤ Θ < 90°, 예를 들어, 15° ≤ Θ < 90°, 예를 들어, 20° ≤ Θ < 90°, 예를 들어, 25° ≤ Θ < 90°, 예를 들어, 30° ≤ Θ < 90°, 예를 들어, 0° < Θ ≤

85° , 예를 들어, 0° < Θ ≤ 80° , 예를 들어, 0° < Θ ≤ 75° , 예를 들어, 0° < Θ ≤ 70° , 예를 들어, 0° < Θ ≤ 65° , 예를 들어, 0° < Θ ≤ 60° , 예를 들어, 5° ≤ Θ ≤ 85° , 예를 들어, 10° ≤ Θ ≤ 70° , 예를 들어, 15° ≤ Θ ≤ 65° , 예를 들어, 20° ≤ Θ ≤ 65° , 예를 들어, 25° ≤ Θ ≤ 65° , 예를 들어, 30° ≤ Θ ≤ 60° 일 수 있다.

[0081] 또는, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)는 90° < Θ < 180° , 예를 들어, 95° ≤ Θ < 180° , 예를 들어, 100° ≤ Θ < 180° , 예를 들어, 105° ≤ Θ < 180° , 예를 들어, 110° ≤ Θ < 180° , 예를 들어, 115° ≤ Θ < 180° , 예를 들어, 120° ≤ Θ < 180° , 예를 들어, 90° < Θ ≤ 175° , 예를 들어, 90° < Θ ≤ 170° , 예를 들어, 90° < Θ ≤ 165° , 예를 들어, 90° < Θ ≤ 160° , 예를 들어, 90° < Θ ≤ 155° , 예를 들어, 90° < Θ ≤ 150° , 예를 들어, 95° ≤ Θ ≤ 175° , 예를 들어, 100° ≤ Θ ≤ 170° , 예를 들어, 105° ≤ Θ ≤ 165° , 예를 들어, 110° ≤ Θ ≤ 160° , 예를 들어, 115° ≤ Θ ≤ 155° , 예를 들어, 120° ≤ Θ ≤ 150° 일 수 있다. 도 6의 (e)는 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ) 45° 인 경우를 일 예시로서 도시한 것이다.

[0082] 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판이 오른쪽 카이랄성을 나타내면, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 요철 패턴(40)의 패터닝 방향(P)이 이루는 각도(Θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기판은 왼쪽 카이랄성을 나타낼 수 있다.

[0083] 상기 굴곡부를 형성하는 방법은 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 상기 수지층과 상기 금속층의 적층체를 소정의 곡률을 갖는 하프-실린더(half-cylinder) 또는 실린더(Cylinder)의 표면에 부착하는 방법으로 수행될 수 있다. 상기 수지층과 상기 금속층의 적층체가 소정의 곡률을 갖는 하프-실린더 또는 실린더의 표면에 부착됨으로써 상기 하프-실린더 또는 실린더의 곡률에 상응하는 곡률 반경을 갖는 굴곡부가 형성될 수 있다.

[0084] 상기 굴곡부는 상기 수지층과 상기 금속층의 적층체가 상기 하프-실린더 또는 실린더의 표면에 부착된 상태에서 유지될 수도 있고, 상기 하프-실린더 또는 실린더가 탈착된 상태에서 유지될 수도 있다.

[0085] 도 5를 참조할 때, 상기 굴곡부의 곡률 반경(r)은 약 1cm 내지 약 10cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 9.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 9cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 8.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 8cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 7.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 6cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 5.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 4.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 3.5cm, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 4cm, 예를 들어, 약 1.5cm 내지 약 3.5cm, 예를 들어, 약 1.5cm 내지 약 3cm일 수 있다.

[0086] 상기 제조방법을 통해 제조된 상기 카이로옵티컬 기판은 구조적 카이랄성을 갖는다. 이는 상기 카이로옵티컬 기판이 구조적으로 완전한 비대칭성을 만족하고, 구조 내 거울 평면을 갖지 않는 것을 의미한다. 상기 제조방법을 통해 제조된 상기 카이로옵티컬 기판은 이의 카이랄성을 나타내는 지표로서, 하기 식 1에 따른 카이랄성 지수(Chirality indicator Index)가 0 초과, 10.0 이하일 수 있다.

[0087] [식 1]

[0088] $$\frac{Pmax \times |Sin(2\theta)|}{d \times r}$$

[0089] 상기 식 1에서, 상기 Pmax는 상기 카이로옵티컬 기판의 원편광 이색성 분광 스펙트럼(CD, Circular Dichroism Spectroscopy)의 최대 피크 값의 절대값이고, 상기 Θ는 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도이며, 상기 d는 상기 요철 패턴의 요부 이격 거리(㎛) 값이고, 상기 r은 상기 굴곡부의 곡률 반경(㎝) 값이다.

[0090] 일 구현예에서, 상기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수가 약 0.1 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.2 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.3 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.4 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.5 내지 약 10.0, 예를 들어, 약 0.5 초과, 약 10.0 이하일 수 있다.

[0091] 상기 식 1의 값은 상기 각각의 요소에 대하여 명시된 단위의 수치 값의 계산을 통해 도출된 값으로서 단위가 없는 지수로서 나타낸다. 상기 카이랄성 지표 지수가 상기 범위를 만족함으로써 상기 카이로옵티컬 기판은 이에

상응하는 카이랄성을 바탕으로 광전자공학, 센서, 박막, 메타표면 및 2D 나노재료 연구에 적용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0092] 상기 제조방법을 통하여 제조된 상기 카이로옵티컬 기판은 약 400nm 내지 약 800nm의 파장 범위 중 어느 하나의 파장에 대하여 흡광도가 약 0.1 내지 약 1.0일 수 있고, 예를 들어, 약 0.2 내지 약 0.9일 수 있고, 예를 들어, 약 0.5 내지 약 0.8일 수 있다. 상기 카이로옵티컬 기판이 이와 같은 광학적 특성을 가짐으로써 광전자공학, 센서, 박막 등의 다양한 용도에 적용되기에 보다 유리할 수 있다.

[0093] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예를 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예는 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하고, 이로 인해 본 발명의 권리 범위가 제한 해석되지 않으며, 본 발명의 권리 범위는 청구 범위에 의해서 결정되는 것이다.

[0095] <실시예 및 비교예>

[0096] 실시예 1

[0097] 직경 90mm, 깊이 15mm인 페트리 접시에 요철 패턴을 포함하는 몰드(mold)를 설치하되, 이로부터 제조된 역상 패턴의 요부 이격 거리가 1.5㎛를 만족하도록 하는 요철 패턴을 구비한 몰드(mold)를 설치하였다. 염기(Sylgard 184A) 대 가교제(Sylgard 184B)의 질량비가 10:1을 만족하는 폴리디메틸실록산(PDMS) 수지 조성물을 상기 몰드(mold) 상에 부어 혼합한 후 70℃의 온도에서 6시간 동안 경화하였다. 상기 몰드(mold)의 가장자리를 따라 절단하여 요부 이격 거리가 1.5㎛이고 최종 두께가 0.8mm인 수지층을 제조하였다. 상기 수지층의 요철 패턴 상에 스퍼터링(sputtering) 방법으로 상온 하에 5mA 및 200초 조건으로 금(Au)을 증착하여 15nm 두께의 금속층을 제조하였다. 하기 표 1에 기재된 바와 같은 곡률 반경(r)을 만족하고, 중앙에 광경로를 위한 홀(hole)이 형성된 하프-실린더(half-cylinder)를 3D 프린팅 방법으로 제작하고, 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 수지층 상의 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도가 하기 표 1에 기재된 바와 같은 각도(Θ)를 만족하도록 상기 수지층 및 상기 금속층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착하였다. 이때, 상기 금속층 층 표면을 기준으로 볼록부를 형성하도록 부착하였다. 이로써, 기판 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도(Θ)가 하기 표 1에 기재된 바를 만족하는 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

[0099] 실시예 2

[0100] 직경 90mm, 깊이 15mm인 페트리 접시에 요철 패턴을 포함하는 몰드(mold)를 설치하되, 이로부터 제조된 역상 패턴의 요부 이격 거리가 3.0㎛를 만족하도록 하는 요철 패턴을 구비한 몰드(mold)를 설치하였다. 이를 통해, 요부 이격 거리가 3.0㎛이고 최종 두께가 0.8mm인 수지층을 제조한 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

[0102] 실시예 3

[0103] 직경 90mm, 깊이 15mm인 페트리 접시에 요철 패턴을 포함하는 몰드(mold)를 설치하되, 이로부터 제조된 역상 패턴의 요부 이격 거리가 6.0㎛를 만족하도록 하는 요철 패턴을 구비한 몰드(mold)를 설치하였다. 이를 통해, 요부 이격 거리가 6.0㎛이고 최종 두께가 0.8mm인 수지층을 제조한 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

[0105] 비교예 1

[0106] 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 수지층 상의 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도가 하기 표 1에 기재된 바와 같은 각도(Θ)를 만족하도록 상기 수지층 및 상기 금속층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 기판을 제조하였다.

[0108] 비교예 2

[0109] 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 수지층 상의 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도가 하기 표 1에 기재된 바와 같은 각도(Θ)를 만족하도록 상기 수지층 및 상기 금속층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 상기 실시예 2와 동일한 방법으로 기판을 제조하였다.

[0111] 비교예 3

[0112] 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 수지층 상의 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도가 하기 표 1에

기재된 바와 같은 각도(Θ)를 만족하도록 상기 수지층 및 상기 금속층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 상기 실시예 3과 동일한 방법으로 기판을 제조하였다.

[0114]

표 1

	Θ(°)	d(㎛)	r(cm)	CD Spectroscopy		CII
				파장(nm)	Pmax	
실시예 1-1	22.5	1.50	1.50	720nm 부근	13.469	4.23
실시예 1-2	45	1.50	1.50		17.880	7.95
실시예 1-3	67.5	1.50	1.50		9.954	3.13
실시예 1-4	112.5	1.50	1.50		15.433	4.85
실시예 1-5	135	1.50	1.50		18.007	8.00
실시예 1-6	157.5	1.50	1.50		6.829	2.15
실시예 1-7	45	1.50	2.25	695nm 부근	4.799	1.42
실시예 1-8	135	1.50	2.25		7.013	2.08
실시예 1-9	45	1.50	3.00	602nm 부근	3.169	0.70
실시예 1-10	135	1.50	3.00		3.922	0.87
실시예 2-1	45	3.00	1.50	597nm 부근	10.312	2.29
실시예 2-2	135	3.00	1.50		14.242	3.16
실시예 2-3	45	3.00	2.25	710nm 부근	4.329	0.64
실시예 2-4	135	3.00	2.25		3.350	0.50
실시예 2-5	45	3.00	3.00	597nm 부근	2.160	0.24
실시예 2-6	135	3.00	3.00		2.408	0.27
실시예 3-1	45	6.00	1.50	489nm 부근	4.044	0.45
실시예 3-2	135	6.00	1.50		3.107	0.35
실시예 3-3	45	6.00	2.25	535nm 부근	4.233	0.31
실시예 3-4	135	6.00	2.25		5.409	0.40
실시예 3-5	45	6.00	3.00	500nm 부근	1.943	0.11
실시예 3-6	135	6.00	3.00		3.213	0.18
비교예 1-1	0	1.50	1.50	720nm 부근	1.120	0.00
비교예 1-2	90	1.50	1.50		0.329	0.00
비교예 1-3	180	1.50	1.50		0.395	0.00
비교예 1-4	0	1.50	2.25	695nm 부근	0.600	0.00
비교예 1-5	0	1.50	3.00	602nm 부근	1.211	0.00
비교예 2-1	0	3.00	1.50	597nm 부근	1.301	0.00
비교예 2-2	0	3.00	2.25	710nm 부근	3.131	0.00
비교예 2-3	0	3.00	3.00	597nm 부근	0.711	0.00
비교예 3-1	0	6.00	1.50	489nm 부근	1.440	0.00
비교예 3-2	0	6.00	2.25	535nm 부근	0.606	0.00
비교예 3-3	0	6.00	3.00	500nm 부근	1.151	0.00

[0116] <평가>

[0117] 측정예 1: 원편광이색성분광스펙트럼(Circular Dichroism Spectroscopy)

[0118] 상기 실시예 1 내지 3 및 상기 비교예 1 내지 3에서 제조된 각각의 기판에 대하여, 원편광이색성분광기(JASCO, J-1500)를 이용하여 500nm/min의 스캔 속도, 0.5nm의 데이터 간격, 및 300nm 내지 900nm의 파장 범위 조건 하에서 스펙트럼을 얻었다. 상기 실시예 1 내지 3의 각각의 CD 스펙트럼 상에서 최대값을 나타내는 피크에 대하여 그 파장영역과 피크의 절대값(Pmax)을 표 1에 기재하였다. 또한, 일 예시로서 상기 실시예 1-1 내지 1-6에서 제조된 각각의 기판과 상기 비교예 1-1 내지 1-3에서 제조된 각각의 기판에 대하여 측정된 CD 스펙트럼은 도 7에 도시한 그래프와 같다.

[0120] 측정예 2: 카이랄성 지표 지수(Chirality indicator index, CII) 도출

[0121] 상기 실시예 1 내지 3 및 상기 비교예 1 내지 3에서 제조된 각각의 기판에 대하여, 상기 측정예 1에서 도출된 Pmax 값과 각 기판의 굴곡부의 접선 방향과 요철 패턴의 패터닝 방향이 이루는 각도(Θ)에 의한 sin(2Θ) 절대값과, 상기 요철 패턴의 요부 이격 거리(㎛) 값과, 상기 굴곡부의 곡률 반경(cm) 값을 요소로 하는 하기 식 1에 따른 카이랄성 지표 지수를 도출하여 표 1에 기재하였다.

[0122] [식 1]

[0123] $$\frac{Pmax \times |Sin(2\theta)|}{d \times r}$$

[0125] 측정예 3: 광학 특성의 측정

[0126] 상기 실시예 1-1 내지 1-6에서 제조된 각각의 기판과 상기 비교예 1-1 내지 1-3에서 제조된 각각의 기판에 대하여, 자외선-가시광선 분광기(Scinco, Mega Array)를 이용하여 300nm 내지 900nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도출하였다. 그 결과는 도 8의 그래프에 도시한 바와 같다.

부호의 설명

[0127] 100: 카이로옵티컬 기판

10: 수지층

20: 금속층

30: 굴곡부

40: 요철 패턴

101: 몰드

102: 역상 패턴

103: 수지 조성물

P: 요철 패턴의 패터닝 방향

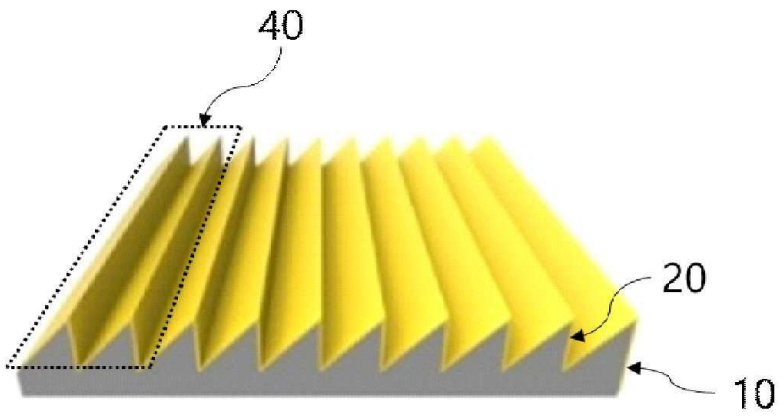
T: 굴곡부의 접선 방향

d: 요부 이격 거리

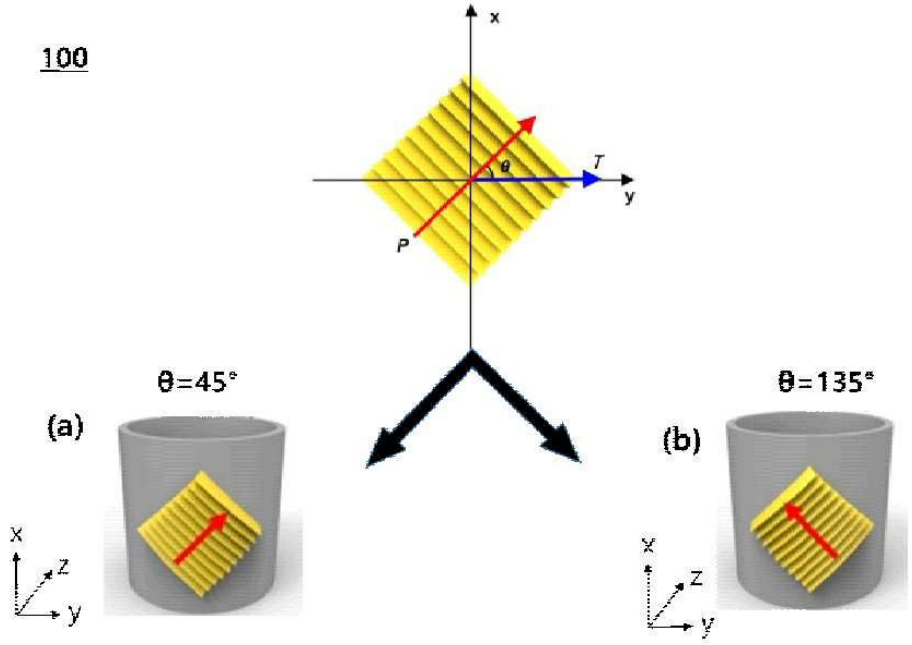
r: 굴곡부의 곡률 반경

도면

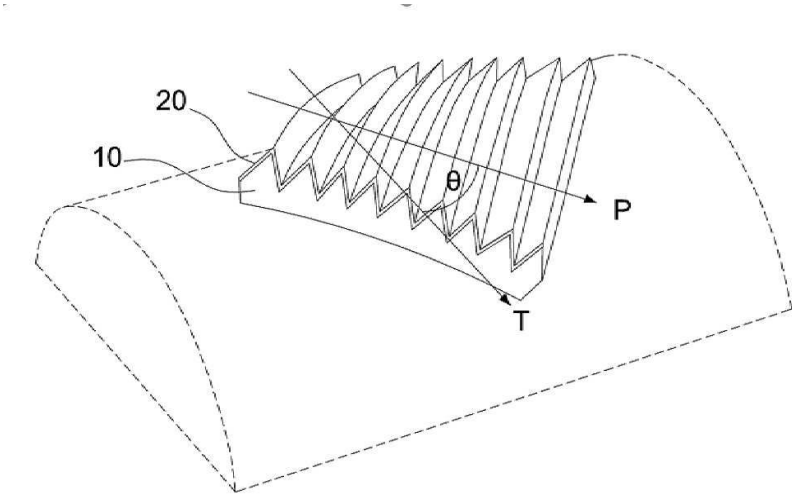
도면1



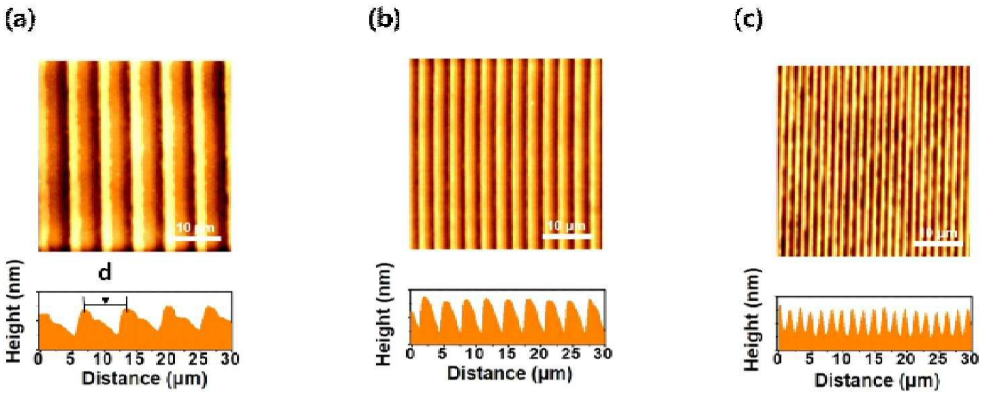
도면2



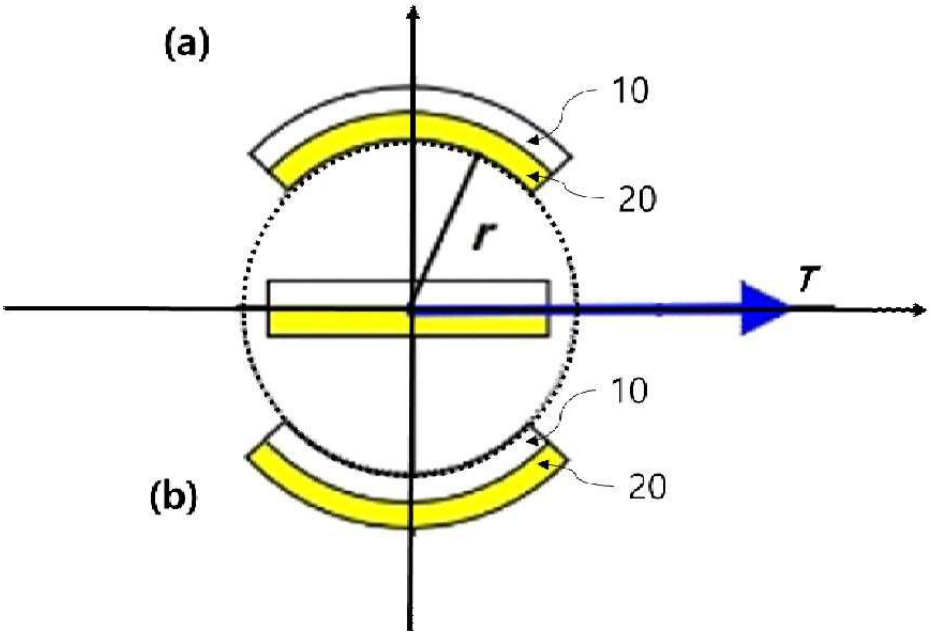
도면3



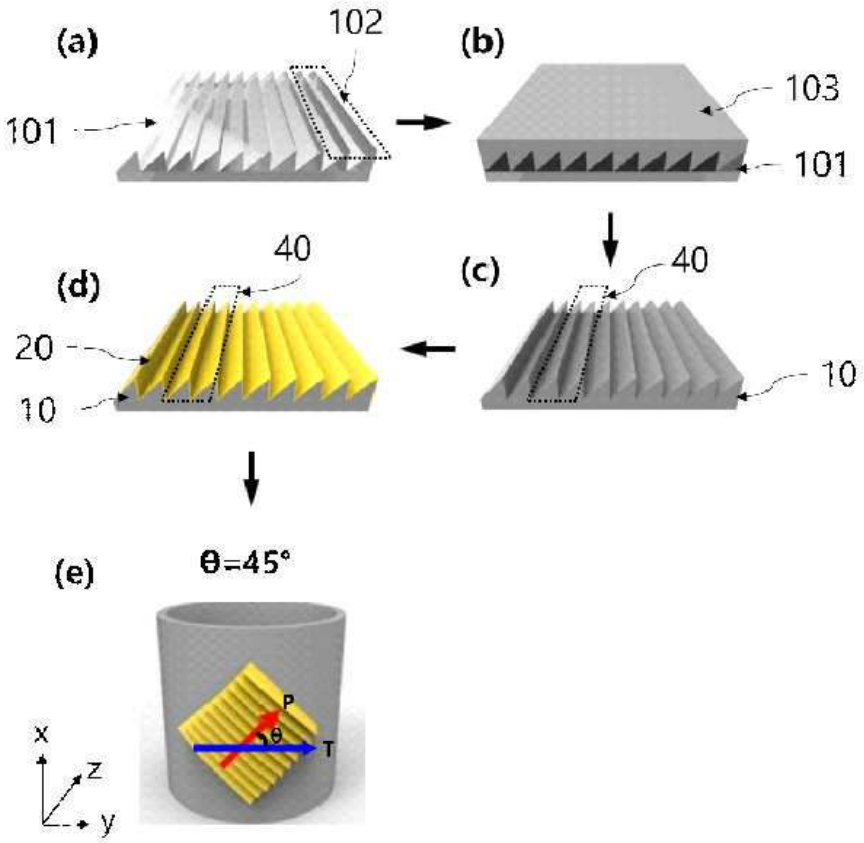
도면4



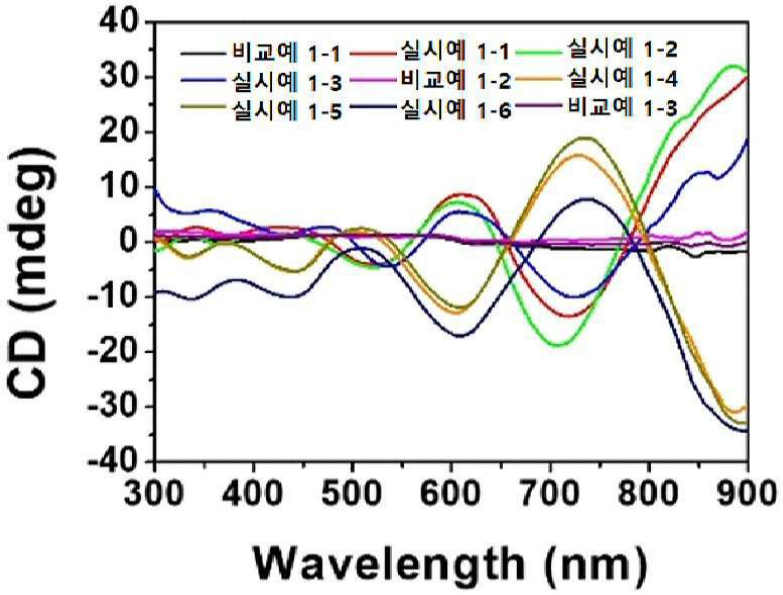
도면5



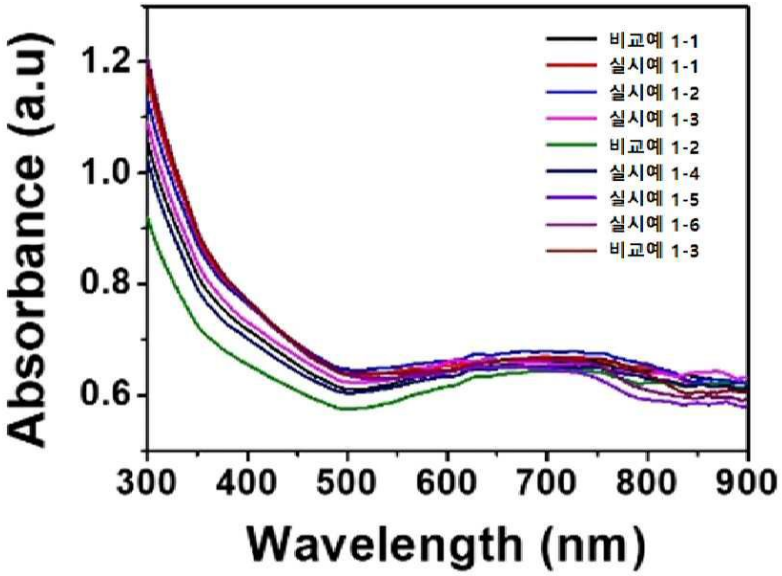
도면6


(a)
102
101
(b)
103
101
(c)
40
10
(d)
40
20
10
(e)
θ=45°
P
T
θ
x
z
y

도면7


비교예 1-1
실시예 1-1
실시예 1-2
실시예 1-3
비교예 1-2
실시예 1-4
실시예 1-5
실시예 1-6
비교예 1-3
CD (mdeg)
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
300
400
500
600
700
800
900
Wavelength (nm)

도면8


Absorbance (a.u)
1.2
1.0
0.8
0.6
300
400
500
600
700
800
900
Wavelength (nm)
비교예 1-1
실시예 1-1
실시예 1-2
실시예 1-3
비교예 1-2
실시예 1-4
실시예 1-5
실시예 1-6
비교예 1-3