



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월01일

(11) 등록번호 10-2562663

(24) 등록일자 2023년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 1/00 (2022.01) G02B 1/04 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01) B82Y 20/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G02B 1/002 (2013.01)

G02B 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0056792

(22) 출원일자 2022년05월09일

심사청구일자 2022년05월09일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130026106 A

(뒷면에 계속)

(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 17 항

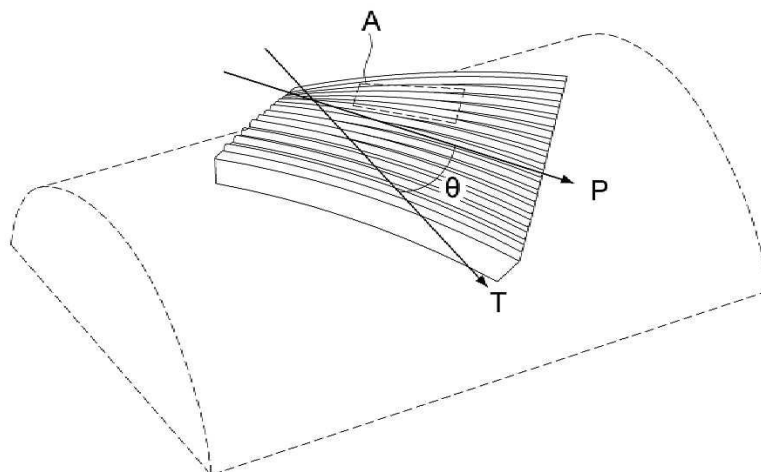
심사관 : 윤영진

(54) 발명의 명칭 카이로옵티컬 기관 및 이의 제조방법

(57) 요약

수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 나노와이어층을 포함하고, 상기 나노와이어층은 복수의 나노와이어집합체를 포함하고, 상기 복수의 나노와이어집합체는 상호 이격 배치되고, 일방향 정렬 구조를 가지며, 기관 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도(θ)가 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도인 카이로옵티컬(Chiroptical) 기관으로서, 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내고, 동시에 유연성을 갖는 필름 형태의 기관으로서 광전자공학, 센서, 박막 등 다양한 기술 분야에 적용 가능한 2차원 광학 재료로 기능할 수 있는 카이로옵티컬 기관 및 이의 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도3



- | | |
|---|--|
| (52) CPC특허분류
G02B 5/1847 (2013.01)
G02B 5/1866 (2013.01)
B82Y 20/00 (2013.01)
G02B 2207/101 (2013.01) | (56) 선행기술조사문헌
KR1020150088002 A
KR1020170050737 A
KR1020180127392 A
KR1020200094088 A
KR1020220134419 A |
|---|--|

- (72) 발명자
- 원유광**
 대전광역시 유성구 유성대로822번길 29, 401호(장대동)
- 박세정**
 광주광역시 서구 하남대로680번길 10, 511동 504호(동천동, 호반베르디움)
- 원미지**
 대전광역시 유성구 유성대로822번길 29, 401호(장대동)
- 강효진**
 대전광역시 서구 계룡로536번길 9, 101동 1503호(괴정동, 한신아파트)

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

명세서

청구범위

청구항 1

수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 나노와이어층을 포함하고,
 상기 나노와이어층은 복수의 나노와이어집합체를 포함하고,
 상기 복수의 나노와이어집합체는 상호 이격 배치되고, 일방향 정렬 구조를 가지며,
 기관 전체가 만족된 굴곡부를 포함하고,
 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도(θ)가 $0^\circ < \theta < 90^\circ$
 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도인,
 카이로옵티컬(Chiroptical) 기관.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 δ° 인 경우의
 상기 카이로옵티컬 기관과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는
 각도(θ)가 $(180-\delta)^\circ$ 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 상호 반대 카이랄성을 나타내는,
 카이로옵티컬 기관.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 복수의 나노와이어집합체는 각각 복수의 나노와이어를 포함하고,
 상기 나노와이어는 자성 플라즈몬 입자를 포함하는,
 카이로옵티컬 기관.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 나노와이어는 코어; 및 상기 코어의 표면의 적어도 일부를 둘러싸면서 상기 코어와 이종의 성분을 포함하
 는 셸을 포함하고,
 상기 코어 및 상기 셸 중 어느 하나는 금속 성분을 포함하고, 다른 하나는 자성 성분을 포함하는,
 카이로옵티컬 기관.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 코어의 평균 폭이 0.01nm 내지 100nm이고,
 상기 셸의 평균 두께가 1nm 내지 150nm인,
 카이로옵티컬 기관.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복수의 나노와이어집합체는 각각 복수의 나노와이어를 포함하고,
상기 복수의 나노와이어 중 임의의 두 나노와이어는 상호 길이 방향이 이루는 각도가 0° 내지 20° 인,
카이로옵티컬 기관.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 굴곡부의 곡률 반경이 1cm 내지 10cm인,
카이로옵티컬 기관.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 수지층은 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하는,
카이로옵티컬 기관.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 수지층의 두께는 0.1mm 내지 2.0mm 이고,
상기 나노와이어층의 두께는 800nm 내지 2000nm인,
카이로옵티컬 기관.

청구항 10

제1항에 있어서,
상기 굴곡부는 상기 나노와이어층 측 표면을 기준으로 볼록부인,
카이로옵티컬 기관.

청구항 11

제1항에 있어서,
상기 굴곡부는 상기 나노와이어층 측 표면을 기준으로 오목부인,
카이로옵티컬 기관.

청구항 12

제1항에 있어서,
300nm 내지 900nm 파장 범위 중 어느 하나의 파장의 광에 대한 광투과율이 15% 이상인,
카이로옵티컬 기관.

청구항 13

수지층을 제조하는 단계;
상기 수지층 일면 상에 나노와이어 분산 용액을 도포하는 단계;
상기 수지층의 일면 상에 도포된 상기 나노와이어 분산 용액에 자기장을 인가하여 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는 복수의 나노와이어집합체를 포함하는 나노와이어층을 형성하는 단계; 및

상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향과 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계를 포함하는,

카이로옵티컬(Chiroptical) 기관의 제조방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 수지층을 제조하는 단계는,

수지 조성물을 50℃ 내지 100℃의 온도에서 4시간 내지 10시간 경화하는 단계를 포함하는,

카이로옵티컬 기관의 제조방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 수지층을 제조하는 단계는,

상기 수지층의 표면의 음전하를 강화시키는 단계; 및

상기 수지층의 표면에 양으로 하전된 베이스 수지 조성물을 도포하는 단계;를 포함하는,

카이로옵티컬 기관의 제조방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 나노와이어 분산 용액은 나노와이어 농도가 50 $\mu\text{g/mL}$ 내지 600 $\mu\text{g/mL}$ 인,

카이로옵티컬 기관의 제조방법.

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 나노와이어층을 형성하는 단계는,

상기 나노와이어 분산 용액이 도포된 상기 수지층을 두 개의 자성체 사이에 배치하는 단계; 및

상기 나노와이어 분산 용액을 건조하는 단계;를 포함하는,

카이로옵티컬 기관의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

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

성을 도입하는 연구는 그 진행이 미비한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 일 구현예는 구조적으로 카이랄성을 나타내면서, 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 적절한 광학적 특성을 구현하는 기관으로서 광전자공학, 센서, 박막 등의 용도에 적용할 수 있는 카이로옵티컬 기관을 제공한다.

[0004] 본 발명의 다른 구현예는 상기 카이로옵티컬 기관을 제조하기 위한 가장 효율적인 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 구현예에서, 수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 나노와이어층을 포함하고, 상기 나노와이어층은 복수의 나노와이어집합체를 포함하고, 상기 복수의 나노와이어집합체는 상호 이격 배치되고, 일방향 정렬 구조를 가지며, 기관 전체가 만족된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도(θ)가 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도인, 카이로옵티컬(Chiroptical) 기관을 제공한다.

[0006] 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 δ° 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 $(180 - \delta)^\circ$ 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다.

[0007] 상기 복수의 나노와이어집합체는 각각 복수의 나노와이어를 포함하고, 상기 나노와이어는 자성 플라즈몬 입자를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 나노와이어는 코어; 및 상기 코어의 표면의 적어도 일부를 둘러싸면서 상기 코어와 이종의 성분을 포함하는 셸을 포함하고, 상기 코어 및 상기 셸 중 어느 하나는 금속 성분을 포함하고, 다른 하나는 자성 성분을 포함할 수 있다.

[0009] 상기 코어의 평균 폭이 0.01nm 내지 100nm이고, 상기 셸의 평균 두께가 1nm 내지 150nm일 수 있다.

[0010] 상기 복수의 나노와이어집합체는 각각 복수의 나노와이어를 포함하고, 상기 복수의 나노와이어 중 임의의 두 나노와이어는 상호 길이 방향이 이루는 각도가 0° 내지 20° 일 수 있다.

[0011] 상기 굴곡부의 곡률 반경이 1cm 내지 10cm일 수 있다.

[0012] 상기 수지층은 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 수지층의 두께는 0.1mm 내지 2.0mm이고, 상기 나노와이어층의 두께는 800nm 내지 2000nm일 수 있다.

[0014] 상기 굴곡부는 상기 나노와이어층 측 표면을 기준으로 볼록부일 수 있다.

[0015] 상기 굴곡부는 상기 나노와이어층 측 표면을 기준으로 오목부일 수 있다.

[0016] 상기 카이로옵티컬 기관은 300nm 내지 900nm 파장 범위 중 어느 하나의 파장의 광에 대한 광투과율이 15% 이상일 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 구현예에서, 수지층을 제조하는 단계; 상기 수지층 일면 상에 나노와이어 분산 용액을 도포하는 단계; 상기 수지층의 일면 상에 도포된 상기 나노와이어 분산 용액에 자기장을 인가하여 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는 복수의 나노와이어집합체를 포함하는 나노와이어층을 형성하는 단계; 및 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향과 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계를 포함하는, 카이로옵티컬(Chiroptical) 기관의 제조방법을 제공한다.

[0018] 상기 수지층을 제조하는 단계는, 수지 조성물을 50°C 내지 100°C 의 온도에서 4시간 내지 10시간 경화하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 수지층을 제조하는 단계는, 상기 수지층의 표면의 음전하를 강화시키는 단계; 및 상기 수지층의 표면에 양

으로 하전된 베이스 수지 조성물을 도포하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 나노와이어 분산 용액은 나노와이어 농도가 50 $\mu\text{g/mL}$ 내지 600 $\mu\text{g/mL}$ 일 수 있다.

[0021] 상기 나노와이어층을 형성하는 단계는, 상기 나노와이어 분산 용액이 도포된 상기 수지층을 두 개의 자성체 사이에 배치하는 단계; 및 상기 나노와이어 분산 용액을 건조하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 상기 카이로옵티컬 기관은 구조적으로 카이랄성을 나타내면서 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 적절한 광학적 특성을 나타내고, 동시에 유연성을 갖는 필름 형태의 기관으로서 광전자공학, 센서, 박막 등 다양한 기술 분야에 적용 가능한 2차원 광학 재료로서 기능할 수 있다.

[0023] 상기 카이로옵티컬 기관의 제조방법은 상기 카이로옵티컬 기관을 제조할 수 있는 효과적인 수단으로서 이를 통해 제조된 상기 카이로옵티컬 기관의 전술한 기술적 이점을 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 일 구현예에 따른 상기 수지층(10) 및 상기 나노와이어층(20)을 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 2는 일 구현예에 따른 상기 나노와이어층(20)의 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 사진이다.

도 3은 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기관(100)을 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 4는 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)의 단면을 개략적으로 도시한 것이다.

도 5는 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기관(100)의 두께 방향 단면을 개략적으로 도시한 것이다.

도 6은 일 구현예에 따른 원편광이색성분광스펙트럼 측정 결과이다.

도 7은 일 구현예에 따른 원편광이색성분광스펙트럼 측정 결과이다.

도 8은 일 구현예에 따른 원편광이색성분광스펙트럼 측정 결과이다.

도 9는 일 구현예에 따른 원편광이색성분광스펙트럼 측정 결과이다.

도 10은 일 구현예에 따른 광투과율 스펙트럼 측정 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 이하, 본 발명에 따른 구현예에 관하여 상세히 설명하기로 한다.

[0030] 본 발명의 일 구현예에서, 수지층; 및 상기 수지층 일면 상에 배치된 나노와이어층을 포함하고, 상기 나노와이어층은 복수의 나노와이어집합체를 포함하고, 상기 복수의 나노와이어집합체는 상호 이격 배치되고, 일방향 정

렬 구조를 가지며, 기관 전체가 만곡된 굴곡부를 포함하고, 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어 집합체의 정렬 방향이 이루는 각도(θ)가 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도인, 카이로옵티컬(Chiroptical) 기관을 제공한다.

- [0031] 본 명세서에서, '카이로옵티컬(Chiroptical)' 기관은 전체 구조가 구조적 카이랄성을 나타내면서 광투과 및 광흡수 등의 측면에서 광학적 특성을 나타내는 기관을 일컫는다. 상기 '기관'은 상기 수지층과 상기 나노와이어층의 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.
- [0032] 도 1은 일 구현예에 따른 상기 수지층(10) 및 상기 나노와이어층(20)을 개략적으로 도시한 사시도이다.
- [0033] 도 2는 일 구현예에 따른 상기 나노와이어층(20)의 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 사진을 게재한 것으로, 도 2의 (a)는 상기 도 1의 A 부분의 SEM 사진이며, 도 2의 (b)는 도 2의 (a)의 B 부분의 SEM 사진이다.
- [0034] 도 1 및 도 2를 참조할 때, 상기 수지층(10)의 일면 상에 상기 나노와이어층(20)이 배치되고, 상기 나노와이어층(20)은 복수의 나노와이어집합체(21)를 포함한다. 도 2의 (b)를 참조할 때, 상기 나노와이어집합체(21)는 복수의 나노와이어(22)가 군집을 이루고 있는 집합체를 의미하며, 도 2의 (a)를 참조할 때, 상기 나노와이어층(20)은 상기 나노와이어집합체(21)를 복수로 포함하며, 상기 복수의 나노와이어집합체(21)는 상호 이격 배치되고, 일방향 정렬 구조를 갖는다.
- [0035] 도 3은 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기관(100)을 개략적으로 도시한 사시도이다. 도 3을 참조할 때, 상기 카이로옵티컬 기관(100)은 상기 수지층(10) 및 상기 나노와이어층(20)의 적층체를 포함하고, 상기 기관(100) 전체가 만곡된 굴곡부를 포함할 수 있다. 또한, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어층(20)의 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 범위 중 어느 하나의 각도일 수 있다. 도 3은 상기 각도(θ)가 45° 인 경우를 일 예시로서 도시한 것이다. 도 3의 A 부분은 상기 도 1의 A 부분과 실질적으로 동일한 부분을 표시한 것이다.
- [0036] 상기 카이로옵티컬 기관(100)은 상기 나노와이어층(20) 중의 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 일방향 정렬 구조; 상기 기관(100) 전체가 만곡된 굴곡부; 및 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 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.
- [0037] 도 2를 참조하여 진술한 바와 같이, 상기 복수의 나노와이어집합체(21)는 각각 복수의 나노와이어(22)를 포함한다. 상기 나노와이어(22)는 소정의 구조 및 성분을 포함함으로써 상기 카이로옵티컬 기관(100)의 카이랄성 및 광학적 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0038] 일 구현예에서, 상기 나노와이어(22)는 자성 플라즈몬 입자를 포함할 수 있다. 플라즈몬(Plasmon)이란 금속 내부의 자유 전자들이 집단적으로 진동하는 현상을 의미한다. 금속 나노 입자의 경우, 플라즈몬이 표면에 국부적으로 존재할 수 있는데, 이를 표면 플라즈몬(Surface Plasmon)이라고 지칭할 수 있다. 금속 나노 입자가 가시광선에서 근적외선에 이르는 영역의 빛의 전기장과 만나는 경우 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance, SPR)에 의해 광흡수가 일어나 선명한 색을 띠게 된다. 상기 자성 플라즈몬 입자는 자성을 띠는 플라즈몬 입자로서, 자성에 의해 자기장 내에 소정의 배열로 정렬될 수 있고, 이와 동시에 플라즈몬 현상에 의해 색을 띠 수 있다.
- [0039] 상기 자성 플라즈몬 입자는 자기장 인가에 의한 배열 가변성을 갖는다. 상기 '자기장 인가에 의한 배열 가변성'이란 상기 자성 플라즈몬 입자에 자기장이 인가되는 경우 인가된 상기 자기장에 따라 소정의 배열로 정렬되는 특성을 의미한다. 이러한 자기장 인가에 의한 배열 가변성을 바탕으로, 상기 나노와이어(22)는 자기장 인가라는 비교적 단순한 수단에 의하여 이를 구성으로 하면서 일방향 정렬 구조를 갖는 상기 복수의 나노와이어 집합체(21)를 형성할 수 있다.
- [0040] 도 4는 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)의 단면을 개략적으로 도시한 것이다. 도 4를 참조할 때, 상기 나노와이어(22)는 코어(core, 14)를 포함하고, 상기 코어(14) 표면의 적어도 일부를 둘러싸면서 상기 코어(14)와 이종의 성분을 포함하는 셸(shell, 15)을 포함한다. 도 4는 상기 셸(15)이 실질적으로 상기 코어(14)의 표면 전체를 둘러싼 경우를 일 예시로서 도시한 것이다. 여기서, 상기 셸(15)이 상기 코어(14)의 성분과 이종의 성분을 포함한다는 것은, 상호 모든 성분이 상이한 경우뿐만 아니라, 일부 동일한 성분을 포함하더라도 전체 조

성이 상이한 경우를 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

- [0041] 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 코어(14) 및 상기 셸(15) 중 어느 하나는 금속 성분을 포함하고, 다른 하나는 자성 성분을 포함할 수 있다. 자성 성분을 포함하는 코어(14)와 금속 성분을 포함하는 셸(15); 또는 자성 성분을 포함하는 셸(15)과 금속 성분을 포함하는 코어(14)의 조합을 통하여, 상기 나노와이어(22)가 자성 플라즈몬 특성을 나타내며 이들의 군집에 의한 상기 복수의 나노와이어집합체(21)가 일방향 정렬 구조를 형성하기 유리하며, 목적하는 색상의 발현 및 카이랄성의 구현에 있어서 기술적 이점을 얻을 수 있다.
- [0042] 상기 금속 성분은 예를 들어, 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(iridium), 오스뮴(osmium), 로듐(rhodium), 루테튬(ruthenium), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 크롬(Cr), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 자성 성분은, 예를 들어, 산화철(Fe_3O_4), 산화니켈(NiO), 산화코발트(Co_3O_4), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0044] 일 구현예에서, 상기 코어(core)는 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(iridium), 오스뮴(osmium), 로듐(rhodium), 루테튬(ruthenium), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 크롬(Cr), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하고, 상기 셸(shell)은 산화철(Fe_3O_4), 산화니켈(NiO), 산화코발트(Co_3O_4), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0045] 다른 구현예에서, 상기 코어(core)는 산화철(Fe_3O_4), 산화니켈(NiO), 산화코발트(Co_3O_4), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하고, 상기 셸(shell)은 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(iridium), 오스뮴(osmium), 로듐(rhodium), 루테튬(ruthenium), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 크롬(Cr), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0046] 도 4를 참조할 때, 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 코어(14)의 평균 폭(W1)이 약 0.01nm 내지 약 100nm, 예를 들어, 약 0.01nm 내지 약 90nm, 예를 들어, 약 0.01nm 내지 약 50nm, 예를 들어, 약 0.1nm 내지 약 50nm, 예를 들어, 약 0.1nm 내지 약 20nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 20nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 15nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 10nm일 수 있다.
- [0047] 도 4를 참조할 때, 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 셸(15)의 평균 두께(D1)는 약 1nm 내지 약 150nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 10nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 20nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 30nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 40nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 50nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 110nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 100nm일 수 있다.
- [0048] 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 코어(14)의 길이(L1) 및 폭(W1)의 비(L1/W1)로 정의되는 종횡비(Aspect ratio)가 약 2.00 초과, 약 100.00이하, 예를 들어, 약 5.00 내지 약 80.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 80.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 70.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 65.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 60.00일 수 있다. 상기 나노와이어(22)의 종횡비가 상기 범위를 만족함으로써 상기 나노와이어(22)의 일방향 정렬에 따른 상기 나노와이어집합체(21)의 일방향 정렬 구조가 상기 카이로입티컬 기관(100)의 카이랄성 및 광학적 특성의 동시 구현에 보다 유리할 수 있다. 다른 측면에서 설명하면, 상기 나노와이어(22)의 종횡비가 상기 범위를 벗어나 보다 작은 경우에는 소정의 배열로 정렬되더라도 방향성을 나타내기 어려울 수 있으며, 보다 큰 경우에는 상기 나노와이어가 형상이 균일하게 제조되기 어렵고, 이의 일방향 정렬 구조가 상기 카이로입티컬 기관의 전면에 걸쳐 불균일한 카이랄성 및 광학적 특성을 야기할 우려가 있다.
- [0049] 일 구현예에서, 상기 나노와이어(22)의 평균 길이는 약 55nm 내지 약 300nm, 예를 들어, 약 55nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 300nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 70nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 80nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 90nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 100nm 내지 약 250nm일 수 있다.
- [0050] 상기 코어(14)의 폭 및 종횡비, 상기 셸(15)의 두께 및 상기 나노와이어(22)의 길이 등은 모두 상기 나노와이어(22)의 단면에 대하여 측정된 2차원 값으로서, 주사전자현미경(SEM) 또는 투과전자현미경(TEM) 등의 수단을 통하여 얻은 투영상으로부터 얻을 수 있다. 상기 '평균 폭', '평균 두께' 및 '평균 길이' 등에서 '평균'은 상기

나노와이어층의 약 $16\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ (가로×세로) 면적에 대해 촬영한 투영상에 대하여 측정된 값들의 수평균 값을 의미한다. 상기 나노와이어(22)의 크기 및 형상에 관련한 수치가 각각 또는 2 이상의 조합으로 상기 범위를 만족하는 경우, 상기 나노와이어(22)의 일방향 정렬에 따른 상기 나노와이어집합체(21)의 일방향 정렬 구조가 상기 카이로옵티컬 기관(100)의 카이랄성 및 광학적 특성의 동시 구현에 보다 유리할 수 있다.

[0051] 상기 나노와이어집합체(21)는 복수의 상기 나노와이어(22)를 포함하며, 복수의 상기 나노와이어(22)는 1mg 수량에 대한 상기 코어(14) 폭(W1)의 표준편차가 약 10nm 이하일 수 있고, 예를 들어, 약 5nm 이하일 수 있고, 예를 들어, 약 0nm 내지 약 4nm일 수 있다. 상기 나노와이어(22)의 복수의 집합체에 대해서 이와 같은 표준편차 조건이 만족됨으로써 복수의 상기 나노와이어집합체(21) 각각이 상호 상대적으로 균일한 간격으로 이격 배치되고, 상대적으로 균일한 양의 상기 나노와이어(22)를 포함함으로써 규칙성 있는 일방향 정렬 구조를 이룰 수 있고, 그 결과, 상기 카이로옵티컬 기관(100)이 전면에 걸쳐 우수한 광학적 특성 및 카이랄성을 발현하기에 유리할 수 있다.

[0052] 상기 복수의 나노와이어집합체(21)는 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는다. 도 2의 (a)를 참조할 때, 일 구현예에서, 상기 복수의 나노와이어집합체(21)는 인접한 두 나노와이어집합체(21)의 이격 거리(D2)가 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $10\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $8\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $6\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $5\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $2\mu\text{m}$ 내지 약 $4\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $2\mu\text{m}$ 내지 약 $3\mu\text{m}$ 일 수 있다. 상기 복수의 나노와이어집합체(21)가 이와 같은 범위로 이격 배치됨으로써 상기 굴곡부에 의해 만족된 구조; 및 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향이 이루는 각도(θ) 특징이 함께 조합되어 상기 기관(100)에 향상된 카이랄성을 부여하기 유리할 수 있다. 다른 측면에서 설명하면, 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 이격 거리(D2)가 지나치게 가깝거나 지나치게 멀면 상기 굴곡부 및 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향이 이루는 각도(θ) 특징을 부여하더라도 카이랄성이 나타나지 않을 우려가 있다.

[0053] 상기 복수의 나노와이어집합체(21) 각각은 복수의 나노와이어(22)를 포함할 수 있다. 상기 복수의 나노와이어(22) 중 임의의 두 나노와이어(221, 222)는 상호 길이 방향이 이루는 각도가 약 0° 내지 약 20° , 예를 들어, 약 0° 내지 약 15° 일 수 있다. 도 2의 (b)를 참조할 때, 상기 복수의 나노와이어(22) 중 임의의 두 나노와이어, 즉, 제1 나노와이어(221)와 제2 나노와이어(222)는 각각의 길이 방향이 상호 이루는 각도가 상기 범위를 만족할 수 있다. 상기 복수의 나노와이어(22)가 이와 같은 배열로 상기 나노와이어집합체(21) 내에서 군집을 이루므로써 상기 나노와이어집합체(21)가 일방향 정렬 구조를 용이하게 형성할 수 있으며, 상기 나노와이어집합체(21) 내에 적정 농도의 나노와이어(22)가 포함됨으로써 상기 카이로옵티컬 기관(100)의 카이랄성 및 광학적 특성의 구현에 보다 유리할 수 있다.

[0054] 상기 굴곡부는 상기 기관(100) 전체가 소정의 방향으로 만족된 구조를 지칭하는 것으로서, 상기 카이로옵티컬 기관(100)에 구조적 비대칭성을 부여하여 카이랄성 나타내도록 한다. 도 5는 (a) 및 (b)는 각각 일 구현예에 따른 상기 카이로옵티컬 기관(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 나노와이어층(20) 측 표면을 기준으로 오목부 구조일 수 있다. 다른 구현예에서, 상기 굴곡부는 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 상기 나노와이어층(20) 측 표면을 기준으로 볼록부 구조일 수 있다. 상기 굴곡부가 상기 나노와이어층(20) 측 표면을 기준으로 볼록부인 경우가 오목부인 경우에 비하여 상기 나노와이어집합체의 일방향 정렬 구조 변화에 주는 영향력이 크기 때문에 카이랄성 특성이 발현되기가 보다 유리할 수 있다.

[0055] 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.

[0056] 도 5를 참조할 때, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)은 상기 기관(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 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)과 소정의 각도(θ)를 이루므로써 상기 카이로옵티컬 기관(100)에 비대칭성을 부여하여 카이랄성을 나타내도록 할 수 있다.

[0057] 일 구현예에서, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 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.

[0058] 또는, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 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.

[0059] 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관이 오른쪽 카이랄성을 나타내면, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 왼쪽 카이랄성을 나타낼 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 δ° 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 $(180-\delta)^\circ$ 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 45° 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 $135^\circ (= -45^\circ)$ 인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다.

[0060] 상기 카이로옵티컬 기관(100)은 약 300nm 내지 약 900nm의 파장 범위 중 어느 하나의 파장에 대하여 광투과율(%)이 약 15% 이상, 예를 들어, 약 25% 이상, 예를 들어, 약 30% 이상, 예를 들어, 약 35% 이상, 예를 들어, 약 15% 내지 약 75%, 예를 들어, 약 25% 내지 약 75%, 예를 들어, 약 30% 내지 약 75%, 예를 들어, 약 35% 내지 약 75%일 수 있다. 상기 카이로옵티컬 기관이 이와 같은 광학적 특성을 가짐으로써 광전자공학, 센서, 박막 등의 다양한 용도에 적용되기에 보다 유리할 수 있다.

[0061] 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 상기 나노와이어층(20)과의 계면 부착성을 향상시키기 유리하며, 상기 카이로옵티컬 기관(100)이 우수한 유연성을 확보하여 다양한 디자인으로 응용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0062] 예를 들어, 상기 수지층(10)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.

[0063] 일 구현예에서, 상기 수지층(10)의 두께는 약 0.1mm 내지 약 2.0mm, 예를 들어, 약 0.2mm 내지 약 1.8mm, 예를 들어, 약 0.3mm 내지 약 1.7mm, 예를 들어, 약 0.4mm 내지 약 1.6mm, 예를 들어, 약 0.5mm 내지 약 1.5mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.4mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.3mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.2mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.1mm, 예를 들어, 약 0.7mm 내지 약 1.1mm일 수 있다. 상기 수지층이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기관이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.

[0064] 상기 나노와이어층(20)은 상기 복수의 나노와이어집합체(21) 및 베이스 수지를 포함할 수 있다. 상기 베이스 수지는 상기 복수의 나노와이어집합체(21)를 고정하고, 상기 나노와이어층(20)과 상기 수지층(10)의 계면 부착성을 향상시키는 역할을 할 수 있다. 일 구현예에서, 상기 베이스 수지는 폴리디알릴디메틸암모늄클로라이드(PDDA, Poly(diallyldimethylammonium Chloride)), 폴리아미산(Poly(amic acid)), 폴리알릴아민하이드로클로라이드

이드(PAH, poly(allylamine hydrochloride)), 폴리에틸렌이민(PEI, polyethyleneimine), 폴리-L-리신(PLL, Poly-L-lysine), 폴리아크릴산(PAA, polyacrylic acid), 폴리스티렌설포네이트(PSS, polystyrenesulfonate), 폴리비닐설페이트(PVS, poly(vinylsulfate)), 텍스트란설페이트(DS, dextran sulfate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.

[0065] 상기 나노와이어층(20)은 상기 복수의 나노와이어집합체(21)를 포함하고, 상기 복수의 나노와이어집합체(21) 각각은 복수의 나노와이어(22)를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 나노와이어층(20) 중의 상기 나노와이어(22)의 농도는 예를 들어, 약 50 $\mu\text{g/mL}$ 내지 약 600 $\mu\text{g/mL}$, 예를 들어, 약 50 $\mu\text{g/mL}$ 내지 약 550 $\mu\text{g/mL}$, 예를 들어, 약 100 $\mu\text{g/mL}$ 내지 약 600 $\mu\text{g/mL}$, 예를 들어, 약 100 $\mu\text{g/mL}$ 내지 약 500 $\mu\text{g/mL}$, 예를 들어, 약 150 $\mu\text{g/mL}$ 내지 약 450 $\mu\text{g/mL}$, 예를 들어, 약 150 $\mu\text{g/mL}$ 내지 약 300 $\mu\text{g/mL}$ 일 수 있다. 상기 나노와이어(22)의 농도가 지나치게 높은 경우 상기 복수의 나노와이어집합체(21)가 상호 적정 간격으로 이격 배치되지 못하여 카이랄성을 저해할 우려가 있으며, 광투과율 측면에서 광학적 특성이 저하될 우려가 있다. 반면, 상기 나노와이어(22)의 농도가 지나치게 낮은 경우, 상기 복수의 나노와이어집합체(21) 각각이 충분한 양의 나노와이어(22)를 함유하지 못하여 명확한 정렬 구조를 형성하지 못함으로써 카이랄성을 저해할 우려가 있다.

[0066] 일 구현예에서, 상기 나노와이어층(20)의 두께는 약 800nm 내지 약 2000nm, 예를 들어, 약 1000nm 내지 약 2000nm, 예를 들어, 약 800nm 내지 약 1200nm, 예를 들어, 약 1200nm 내지 약 1600nm, 예를 들어, 약 1600nm 내지 약 2000nm일 수 있다. 상기 나노와이어층(20)이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기판이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.

[0068] 본 발명에 따른 다른 구현예에서, 카이로옵티컬 기판의 제조방법을 제공한다. 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 수지층을 제조하는 단계; 상기 수지층 일면 상에 나노와이어 분산 용액을 도포하는 단계; 상기 수지층의 일면 상에 도포된 상기 나노와이어 분산 용액에 자기장을 인가하여 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는 복수의 나노와이어집합체를 포함하는 나노와이어층을 형성하는 단계; 및 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향과 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계;를 포함한다.

[0069] 상기 제조방법은 상기 복수의 나노와이어집합체의 일방향 정렬 구조, 상기 기판 전체가 만족된 굴곡부 및 상기 복수의 나노와이어집합체의 일방향 정렬 구조와 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.

[0070] 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.

[0071] 상기 수지층을 제조하는 단계는, 수지 조성물을 50℃ 내지 100℃의 온도에서 4시간 내지 10시간 경화하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 수지 조성물은 상기 수지층의 원료 조성물로서 예를 들어, 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethaneacrylate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다. 상기 수지층이 이와 같은 재료의 원료 조성물로부터 제조됨으로써 후속하여 제조되는 상기 나노와이어층과 계면 부착성을 우수하게 구현할 수 있고, 상기 카이로옵티컬 기판이 우수한 유연성 및 광학적 특성을 확보하도록 함으로써 다양한 디자인 및 용도로 응용 가능한 이점을 얻을 수 있다.

[0072] 상기 수지 조성물의 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 5,000cps, 예를 들어, 약 3,000cps 내지 약 5,000cps, 예를 들어, 약 3,500cps 내지 약 4,500cps 일 수 있다. 상기 수지 조성물의 점도가 이와 같은 범위를 만족함으로써 상기 수지층의 표면이 균일한 평면을 이룰 수 있고, 그 일면 상에 상기 나노와이어층을 형성함에 있어서 우수한 공정 효율성을 확보할 수 있으며, 상기 수지층과 상기 나노와이어층의 계면 부착성을 향상시키기 유리할 수 있다.

[0073] 예를 들어, 상기 수지 조성물은 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.

- [0074] 일 구현예에서, 상기 수지 조성물은 약 50℃ 내지 약 100℃의 온도에서 4시간 내지 10시간 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℃, 예를 들어, 약 55℃ 내지 약 70℃일 수 있다. 상기 수지 조성물의 경화 시간은 약 4시간 내지 약 10시간, 예를 들어, 약 5시간 내지 약 10시간, 예를 들어, 약 6시간 내지 10시간, 예를 들어, 약 7시간 내지 10시간일 수 있다. 상기 수지 조성물의 경화 온도 및 시간이 이와 같은 범위를 만족함으로써 이로부터 형성된 상기 수지층이 충분한 유연성을 확보할 수 있고, 상기 나노와이어층과 우수한 계면 부착성을 확보할 수 있으며, 광학적 특성 및 카이랄성을 동시에 우수하게 구현하기에 유리할 수 있다.
- [0075] 일 구현예에서, 상기 수지층을 제조하는 단계는, 상기 수지층의 표면의 음전하를 강화시키는 단계; 및 상기 수지층의 표면에 양으로 하전된 베이스 수지 조성물을 도포하는 단계;를 포함할 수 있다. 상기 수지층을 이와 같은 방법으로 가공함으로써 이의 일면 상에 상기 나노와이어층을 형성함에 있어서 공정 효율성을 향상시킬 수 있으며, 상기 수지층과 상기 나노와이어층의 계면 부착성을 향상시키기에 보다 유리할 수 있다.
- [0076] 상기 수지층의 표면의 음전하를 강화시키는 단계는, 산소(O₂) 플라즈마 처리, 이온 주입 처리, 물리 진공 증착, 화학 진공 증착 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나의 가공 처리 방법을 적용할 수 있다.
- [0077] 상기 베이스 수지 조성물은 후속하여 형성되는 상기 나노와이어층의 일 구성으로 포함되는 바탕재의 원료 조성물로서, 상기 복수의 나노와이어집합체를 상기 나노와이어층이 단단히 고정하고, 상기 나노와이어층과 상기 수지층의 계면 부착성을 향상시키는 역할을 할 수 있다. 일 구현예에서, 상기 베이스 수지는 폴리디알릴디메틸암모늄클로라이드(PDDA, Poly(diallyldimethylammonium Chloride)), 폴리아믹산(Poly(amicacid)), 폴리알릴아민하이드로클로라이드(PAH, poly(allylamine hydrochloride)), 폴리에틸렌이민(PEI, polyethyleneimine), 폴리-L-리신(PLL, Poly-L-lysine), 폴리아크릴산(PAA, polyacrylic acid), 폴리스티렌설포네이트(PSS, polystyrenesulfonate), 폴리비닐설페이트(PVS, poly(vinylsulfate)), 덱스트란설페이트(DS, dextran sulfate) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0078] 일 구현예에서, 상기 수지층의 두께는 약 0.1mm 내지 약 2.0mm, 예를 들어, 약 0.2mm 내지 약 1.8mm, 예를 들어, 약 0.3mm 내지 약 1.7mm, 예를 들어, 약 0.4mm 내지 약 1.6mm, 예를 들어, 약 0.5mm 내지 약 1.5mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.4mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.3mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.2mm, 예를 들어, 약 0.6mm 내지 약 1.1mm, 예를 들어, 약 0.7mm 내지 약 1.1mm일 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.
- [0079] 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법은 상기 수지층 일면 상에 나노와이어 분산 용액을 도포하는 단계를 포함한다. 상기 나노와이어 분산 용액을 상기 수지층의 일면 상에 도포하는 방법은 상기 수지층을 상기 나노와이어 분산 용액에 침지하는 방법; 또는 상기 나노와이어 분산 용액을 상기 수지층의 일면 상에 코팅하는 방법;을 적용할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0080] 상기 나노와이어 분산 용액은 수용액 상에 복수의 나노와이어가 분산된 용액일 수 있다. 상기 나노와이어 분산 용액 중의 상기 나노와이어의 농도는 예를 들어, 약 50 µg/mL 내지 약 600 µg/mL, 예를 들어, 약 50 µg/mL 내지 약 550 µg/mL, 예를 들어, 약 100 µg/mL 내지 약 600 µg/mL, 예를 들어, 약 100 µg/mL 내지 약 500 µg/mL, 예를 들어, 약 100 µg/mL 내지 약 450 µg/mL, 예를 들어, 약 150 µg/mL 내지 약 450 µg/mL, 예를 들어, 약 150 µg/mL 내지 약 300 µg/mL일 수 있다. 상기 나노와이어의 농도가 지나치게 높은 경우, 상기 나노와이어 분산 용액으로부터 형성되는 상기 복수의 나노와이어집합체가 상호 적정 간격으로 이격 배치되지 못하여 카이랄성을 저해할 우려가 있으며, 광투과율 측면에서 광학적 특성이 저하될 우려가 있다. 반면, 상기 나노와이어의 농도가 지나치게 낮은 경우, 상기 복수의 나노와이어집합체 각각이 충분한 양의 나노와이어를 함유하지 못하여 명확한 정렬 구조를 형성하지 못함으로써 카이랄성을 저해할 우려가 있다.
- [0081] 일 구현예에서, 상기 나노와이어층(20)의 두께는 약 800nm 내지 약 2000nm, 예를 들어, 약 1000nm 내지 약 2000nm, 예를 들어, 약 800nm 내지 약 1200nm, 예를 들어, 약 1200nm 내지 약 1600nm, 예를 들어, 약 1600nm 내지 약 2000nm일 수 있다. 상기 나노와이어층(20)이 이와 같은 두께 범위로 적용됨으로써 상기 카이로옵티컬 기판이 목적 수준의 카이랄성과 물리적 유연성을 동시에 확보함으로써 다양한 용도에 응용 가능할 수 있다.
- [0082] 상기 카이로옵티컬 기판의 제조방법에 있어서, 상기 나노와이어에 관한 사항은 상기 카이로옵티컬 기판에 대하여 도 2 내지 도 4를 참조하여 기술한 사항이 모두 동일하게 통합 적용될 수 있다.

- [0083] 일 구현예에서, 상기 나노와이어(22)는 자성 플라즈몬 입자일 수 있다. 플라즈몬(Plasmon)이란 금속 내부의 자유 전자들이 집단적으로 진동하는 현상을 의미한다. 금속 나노 입자의 경우, 플라즈몬이 표면에 국부적으로 존재할 수 있는데, 이를 표면 플라즈몬(Surface Plasmon)이라고 지칭할 수 있다. 금속 나노 입자가 가시광선에서 근적외선에 이르는 영역의 빛의 전기장과 만나는 경우 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance, SPR)에 의해 광흡수가 일어나 선명한 색을 띠게 된다. 상기 자성 플라즈몬 입자는 자성을 띠는 플라즈몬 입자로서, 자성에 의해 자기장 내에 소정의 배열로 정렬될 수 있고, 이와 동시에 플라즈몬 현상에 의해 색을 띌 수 있다.
- [0084] 상기 자성 플라즈몬 입자는 자기장 인가에 의한 배열 가변성을 갖는다. 상기 '자기장 인가에 의한 배열 가변성'이란 상기 자성 플라즈몬 입자에 자기장이 인가되는 경우 인가된 상기 자기장에 따라 소정의 배열로 정렬되는 특성을 의미한다. 이러한 배열 가변성을 바탕으로, 상기 나노와이어(22)는 자기장 인가라는 비교적 단순한 수단에 의하여 이를 구성으로 하는 상기 나노와이어집합체(21)를 형성할 수 있고, 상기 나노와이어집합체(21)가 일방향 정렬 구조를 형성할 수 있다.
- [0085] 도 4는 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)의 단면을 개략적으로 도시한 것이다. 도 4를 참조할 때, 상기 나노와이어(22)는 코어(core, 14)를 포함하고, 상기 코어(14)와 이종의 성분을 포함하면서 상기 코어(14) 표면의 적어도 일부를 둘러싸는 셸(shell, 15)을 포함한다. 도 4는 상기 셸(15)이 실질적으로 상기 코어(14)의 표면 전체를 둘러싼 경우를 일 예시로서 도시한 것이다. 여기서, 상기 셸(15)이 상기 코어(14)의 성분과 이종의 성분을 포함한다는 것은, 상호 모든 성분이 상이한 경우뿐만 아니라, 일부 동일한 성분을 포함하더라도 전체 조성이 상이한 경우를 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.
- [0086] 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 코어(14) 및 상기 셸(15) 중 어느 하나는 금속 성분을 포함하고, 다른 하나는 자성 성분을 포함할 수 있다. 자성 성분을 포함하는 코어(14)와 금속 성분을 포함하는 셸(15); 또는 자성 성분을 포함하는 셸(15)과 금속 성분을 포함하는 코어(14)의 조합을 통하여, 상기 나노와이어(22)의 군집에 의한 상기 복수의 나노와이어집합체(21)가 일방향 정렬 구조를 형성하기 유리하며, 목적하는 색상의 발현 및 카이랄성의 구현에 있어서 기술적 이점을 얻을 수 있다.
- [0087] 상기 금속 성분은 예를 들어, 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(iridium), 오스뮴(osmium), 로듐(rhodium), 루테튬(ruthenium), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 크롬(Cr), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0088] 상기 자성 성분은, 예를 들어, 산화철(Fe_3O_4), 산화니켈(NiO), 산화코발트(Co_3O_4), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0089] 일 구현예에서, 상기 코어(core)는 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(iridium), 오스뮴(osmium), 로듐(rhodium), 루테튬(ruthenium), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 크롬(Cr), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하고, 상기 셸(shell)은 산화철(Fe_3O_4), 산화니켈(NiO), 산화코발트(Co_3O_4), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0090] 다른 구현예에서, 상기 코어(core)는 산화철(Fe_3O_4), 산화니켈(NiO), 산화코발트(Co_3O_4), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하고, 상기 셸(shell)은 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(iridium), 오스뮴(osmium), 로듐(rhodium), 루테튬(ruthenium), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 크롬(Cr), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0091] 도 4를 참조할 때, 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 코어(14)의 평균 폭(W1)이 약 0.01nm 내지 약 100nm, 예를 들어, 약 0.01nm 내지 약 90nm, 예를 들어, 약 0.01nm 내지 약 50nm, 예를 들어, 약 0.1nm 내지 약 50nm, 예를 들어, 약 0.1nm 내지 약 20nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 20nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 15nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 10nm일 수 있다.
- [0092] 도 4를 참조할 때, 일 구현예에 따른 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 셸(15)의 평균 두께(D1)는 약 1nm 내지 약 150nm, 예를 들어, 약 1nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 10nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 20nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 30nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 40nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 50nm 내지 약 120nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 110nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 100nm일 수 있다.

- [0093] 상기 나노와이어(22)에 있어서, 상기 코어(14)의 길이(L1) 및 폭(W1)의 비(L1/W1)로 정의되는 종횡비(Aspect ratio)가 약 2.00 초과, 약 100.00이하, 예를 들어, 약 5.00 내지 약 80.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 80.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 70.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 65.00, 예를 들어, 약 10.00 내지 약 60.00일 수 있다.
- [0094] 일 구현예에서, 상기 나노와이어(22)의 평균 길이는 약 55nm 내지 약 300nm, 예를 들어, 약 55nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 300nm, 예를 들어, 약 60nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 70nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 80nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 90nm 내지 약 250nm, 예를 들어, 약 100nm 내지 약 250nm일 수 있다.
- [0095] 일 구현예에서, 상기 나노와이어(22)는 1mg 수량에 대한 상기 코어(14) 폭(W1)의 표준편차가 약 10nm 이하일 수 있고, 예를 들어, 약 5nm 이하일 수 있고, 예를 들어, 약 0nm 내지 약 4nm일 수 있다. 상기 나노와이어(22)의 복수의 집합체에 대해서 이와 같은 표준편차 조건이 만족됨으로써 복수의 상기 나노와이어집합체(21) 각각이 상호 상대적으로 균일한 간격으로 이격 배치되고, 상대적으로 균일한 양의 상기 나노와이어(22)를 포함함으로써 규칙성 있는 일방향 정렬 구조를 이룰 수 있고, 그 결과, 상기 카이로옵티컬 기관(100)이 전면에 걸쳐 우수한 광학적 특성 및 카이랄성을 발현하기에 유리할 수 있다.
- [0096] 상기 코어(14)의 폭 및 종횡비, 상기 셸(15)의 두께 및 상기 나노와이어(22)의 길이 등은 모두 상기 나노와이어(22)의 단면에 대하여 측정된 2차원 값으로서, 주사전자현미경(SEM) 또는 투과전자현미경(TEM) 등의 수단을 통하여 얻은 투영상으로부터 얻을 수 있다. 상기 '평균 폭', '평균 두께' 및 '평균 길이' 등에서 '평균'은 상기 나노와이어층의 약 $16\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ (가로×세로) 면적에 대해 촬영한 투영상에 대하여 측정된 값들의 수평균 값을 의미한다. 상기 나노와이어(22)의 크기 및 형상에 관련한 수치가 각각 또는 2 이상의 조합으로 상기 범위를 만족하는 경우, 상기 나노와이어(22)의 일방향 정렬에 따른 상기 나노와이어집합체(21)의 일방향 정렬 구조가 상기 카이로옵티컬 기관(100)의 카이랄성 및 광학적 특성의 동시 구현에 보다 유리할 수 있다.
- [0097] 상기 카이로옵티컬 기관의 제조방법은 상기 수지층 일면 상에 도포된 상기 나노와이어 분산 용액에 자기장을 인가하여 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는 복수의 나노와이어집합체를 포함하는 나노와이어층을 형성하는 단계를 포함한다. 전술한 바와 같이, 상기 나노와이어는 자기장 인가에 의한 배열 가변성을 가질 수 있다. 상기 나노와이어의 이러한 특성을 통하여 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는 상기 복수의 나노와이어 집합체가 형성될 수 있다.
- [0098] 상기 나노와이어층을 형성하는 단계는, 상기 나노와이어 분산 용액이 도포된 상기 수지층을 두 개의 자성체 사이에 배치하는 단계; 및 상기 나노와이어 분산 용액을 건조하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0099] 상기 나노와이어 분산 용액이 도포된 상기 수지층을 두 개의 자성체 사이에 배치함으로써 상기 나노와이어 분산 용액이 상기 두 개의 자성체에 의해 형성된 수평 자기장 내에 위치하게 되고, 상기 나노와이어가 자기장 인가에 의한 배열 가변성의 특성으로 인해 소정의 배열로 정렬되어 상기 복수의 나노와이어집합체로 형성될 수 있다.
- [0100] 일 구현예에서, 상기 두 개의 자성체에 의해 생성된 자기장의 세기는 약 5.0mT 내지 약 30.0mT, 예를 들어, 약 5.0mT 내지 약 25.0mT, 예를 들어, 약 5.0mT 내지 약 20.0mT, 예를 들어, 약 5.0mT 내지 약 15.0mT, 예를 들어, 약 5.0mT 내지 약 10.0mT, 예를 들어, 약 5.50mT 내지 약 6.00mT, 예를 들어, 약 5.45mT 내지 약 5.95mT, 예를 들어, 약 5.40mT 내지 약 5.90mT, 예를 들어, 약 5.35mT 내지 약 5.85mT, 예를 들어, 약 5.30mT 내지 약 5.80mT, 예를 들어, 약 5.25mT 내지 약 5.75mT, 예를 들어, 약 5.20mT 내지 약 5.70mT일 수 있다. 이와 같은 세기의 자기장을 적용함으로써 전술된 특징을 갖는 나노와이어가 목적하는 정렬 구조 및 이격 간격으로 배치되어 카이랄성 및 광학적 특성을 동시에 우수하게 구현하는 복수의 나노와이어집합체로 형성되기에 유리할 수 있다.
- [0101] 일 구현예에서, 상기 두 개의 자성체는 각각 독립적으로 네오디뮴(neodymium) 자석, 페라이트(ferrite) 자석 또는 전자석을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0102] 일 구현예에서, 상기 두 개의 자성체의 중심을 연결하는 직선 거리로 정의되는 자성체 이격 거리는 약 1 μm 내지 약 10m일 수 있고, 예를 들어, 약 1 μm 내지 약 5m일 수 있고, 예를 들어, 약 1 μm 내지 약 1m일 수 있고, 예를 들어, 1 μm 내지 약 80cm일 수 있고, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 50cm일 수 있고, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 10cm일 수 있고, 예를 들어, 약 1cm 내지 약 8cm일 수 있다.
- [0103] 상기 나노와이어 분산 용액을 건조하는 단계는, 상기 두 개의 자성체 사이에 배치됨으로써 상호 이격 배치되고

일방향 정렬 구조를 갖는 복수의 나노와이어집합체를 고정시키는 단계로서, 자연 건조 방법으로 수행될 수 있다. 여기서 자연 건조 방법이란 상온에서 별도의 고온 처리 없이 건조시키는 방법을 의미한다. 상기 건조 시간은 상기 나노와이어층의 면적에 따라 달라질 수 있으며, 예를 들어, 약 1시간 내지 약 20시간 범위에서 적절히 선택될 수 있다.

[0104] 도 2의 (a)를 참조할 때, 일 구현예에서, 상기 복수의 나노와이어집합체(21)는 인접한 두 나노와이어집합체(21)의 이격 거리(D2)가 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $10\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $8\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $6\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $5\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $2\mu\text{m}$ 내지 약 $4\mu\text{m}$, 예를 들어, 약 $2\mu\text{m}$ 내지 약 $3\mu\text{m}$ 일 수 있다. 상기 복수의 나노와이어집합체(21)가 이와 같은 범위로 이격 배치됨으로써 상기 굴곡부에 의해 만족된 구조; 및 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향이 이루는 각도(θ) 특징이 함께 조합되어 상기 기관(100)에 향상된 카이랄성을 부여하기 유리할 수 있다. 다른 측면에서 설명하면, 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 이격 거리(D2)가 지나치게 가깝거나 지나치게 멀면 상기 굴곡부 및 상기 굴곡부의 접선 방향과 상기 복수의 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향이 이루는 각도(θ) 특징을 부여하더라도 카이랄성이 나타나지 않을 우려가 있다.

[0105] 도 2의 (b)를 참조할 때, 상기 복수의 나노와이어(22)는 상호 길이 방향이 이루는 각도가 약 0° 내지 약 20° , 예를 들어, 약 0° 내지 약 15° 일 수 있다. 상기 복수의 나노와이어(22) 중 임의의 두 나노와이어(221, 222)는 각각의 길이 방향이 상호 이루는 각도가 상기 범위를 만족할 수 있다. 상기 복수의 나노와이어(22)가 이와 같은 배열로 상기 나노와이어집합체(21) 내에서 균집을 이루므로써 상기 나노와이어집합체(21)가 일방향 정렬 구조를 용이하게 형성할 수 있으며, 상기 나노와이어집합체(21) 내에 적정 농도의 나노와이어(22)가 포함됨으로써 상기 카이로옵티컬 기관(100)의 카이랄성 및 광학적 특성의 구현에 보다 유리할 수 있다.

[0106] 상기 카이로옵티컬 기관의 제조방법은 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향과 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 또는 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 범위 중 어느 하나의 각도를 이루는 접선 방향을 갖는 굴곡부를 형성하는 단계를 포함한다. 상기 카이로옵티컬 기관의 제조방법을 통하여 제조된 기관은 상기 나노와이어층 상의 복수의 나노와이어집합체의 일방향 정렬 구조; 상기 기관 전체가 만족된 굴곡부; 및 상기 복수의 나노와이어집합체의 정렬 방향과 상기 굴곡부의 접선 방향이 소정의 각도를 이루는 특징이 조합된 결과로서 카이랄성을 나타냄과 동시에 유연성을 가지면서 광전자공학, 센서, 박막 등에 적용 가능한 2차원 광학 재료로서 다양하게 기능하는 이점을 갖는다.

[0107] 상기 굴곡부는 상기 카이로옵티컬 기관 전체가 소정의 방향으로 만족된 구조를 지칭하는 것으로서, 상기 카이로옵티컬 기관에 구조적 비대칭성을 부여하여 카이랄성을 나타내도록 할 수 있다. 상기 카이로옵티컬 기관의 제조방법에 있어서, 상기 굴곡부에 관한 특징은 도 5를 참조하여 상기 카이로옵티컬 기관에 관하여 전술한 모든 사항이 동일하게 통합 적용될 수 있다. 상기 굴곡부는 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 상기 나노와이어층(20) 측 표면을 기준으로 오목한 구조를 갖도록 형성될 수도 있고, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 상기 나노와이어층(20) 측 표면을 기준으로 볼록한 구조를 갖도록 형성될 수도 있다. 상기 굴곡부가 상기 나노와이어층(20) 측 표면을 기준으로 볼록부인 경우가 오목부인 경우에 비하여 상기 나노와이어집합체의 일방향 정렬 구조 변화에 주는 영향력이 크기 때문에 카이랄성 특성이 발현되기가 보다 유리할 수 있다.

[0108] 도 5를 참조할 때, 일 구현예에서, 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.

[0109] 도 5를 참조할 때, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)은 상기 기관(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 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)과 소정의 각도(θ)를 이루므로써 상기 카이로옵티컬 기관(100)에 비대칭성을 부여하여 카이랄성을 나타내도록 할 수 있다.

[0110] 일 구현예에서, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 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.

[0111] 또는, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 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.

[0112] 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도($\hat{\theta}$)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관과 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도($\hat{\theta}$) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 상호 반대 카이랄성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ)가 0° 초과, 90° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관이 오른쪽 카이랄성을 나타내면, 상기 굴곡부의 접선 방향(T)과 상기 나노와이어집합체(21)의 정렬 방향(P)이 이루는 각도(θ) 90° 초과, 180° 미만인 경우의 상기 카이로옵티컬 기관은 왼쪽 카이랄성을 나타낼 수 있다.

[0113] 상기 굴곡부를 형성하는 단계에서, 상기 굴곡부를 형성하는 방법은 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 상기 수지층과 상기 나노와이어층의 적층체를 소정의 곡률을 갖는 하프-실린더(half-cylinder) 또는 실린더(Cylinder)의 표면에 부착하는 방법으로 수행될 수 있다. 상기 수지층과 상기 나노와이어층의 적층체가 소정의 곡률을 갖는 하프-실린더 또는 실린더의 표면에 부착됨으로써 상기 하프-실린더 또는 실린더의 곡률에 상응하는 곡률 반경을 갖는 굴곡부가 형성될 수 있다.

[0114] 상기 굴곡부는 상기 수지층과 상기 나노와이어층의 적층체가 상기 하프-실린더 또는 실린더의 표면에 부착된 상태에서 유지될 수도 있고, 상기 하프-실린더 또는 실린더가 탈착된 상태에서 유지될 수도 있다.

[0115] 상기 제조방법을 통하여 제조된 상기 카이로옵티컬 기관은 약 300nm 내지 약 900nm의 파장 범위 중 어느 하나의 파장에 대하여 광투과율(%)이 약 15% 이상, 예를 들어, 약 25% 이상, 예를 들어, 약 30% 이상, 예를 들어, 약 35% 이상, 예를 들어, 약 15% 내지 약 75%, 예를 들어, 약 25% 내지 약 75%, 예를 들어, 약 30% 내지 약 75%, 예를 들어, 약 35% 내지 약 75%일 수 있다. 상기 카이로옵티컬 기관이 이와 같은 광학적 특성을 가짐으로써 광전자공학, 센서, 박막 등의 다양한 용도에 적용되기에 보다 유리할 수 있다.

[0116] 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.

[0117] <제조예>

[0118] 제조예 1: 나노와이어의 제조

[0119] 4.0mmol의 염화철($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)을 40mL의 에틸렌글리콜($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$)과 혼합하여 자석 교반기로 완전히 녹을 때까지 교반함으로써 혼합 용액을 제조하였다. 상기 혼합 용액에 35mmol의 아세트산나트륨(CH_3COONa)과 0.59mmol의 염화금산($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)을 넣고 계속 교반하였다. 아세트산나트륨과 염화금산이 모두 녹으면 혼합 용액을 테플론용기에 옮겨 담고 압력을 견딜 수 있도록 금속 용기에 넣은 후 200°C 로 가열 후 8시간 동안 유지시킨다. 반응이 끝나면 합성된 입자를 원심 분리 등으로 분리하여 에탄올, 탈이온수로 정제한다. 분리된 입자를 진공 오븐에서 12시간 동안 건조하여 파우더 형태로 제조한다.

[0120] 이어서, 상기 입자를 탈이온수 등의 극성 용매에 분산시키기 위하여 입자 표면에 친수성 기능기를 부착하는 표면 전처리 단계를 진행한다. 입자 합성단계에서 만들어진 파우더 형태의 입자 1mg과 구연산(citric acid, $\text{HOC}(\text{COOH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2$) 0.6mg을 1mL의 탈이온수에 넣고 2시간 동안 초음파 처리한 후 원심분리 등으로 입자를 분리하고 탈이온수로 정제한다.

[0121] 이로써 금(Au)을 포함하는 코어(Core) 및 산화철(Fe_3O_4)을 포함하는 셸(Shell)을 구비한 막대형의 코어-셸 자성 플라즈몬 입자로서, 상기 셸(Shell)이 실질적으로 상기 코어(Core)의 표면 전체를 둘러싼 구조의 자성 플라즈몬

입자를 제조하였다. 상기 코어의 평균 길이(length)는 $2454(\pm 624)\text{nm}$ 이고, 상기 코어의 평균 폭(width)은 $78(\pm 16)\text{nm}$ 이며, 상기 셸의 평균 두께는 $107(\pm 12)\text{nm}$ 였다.

[0123] 제조예 2: 나노입자의 제조

[0124] 3.2mmol의 질산철($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)을 40mL의 에틸렌글리콜($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$)과 혼합하여 자석 교반기로 완전히 녹을 때까지 교반함으로써 혼합 용액을 제조하였다. 상기 혼합 용액에 35mmol의 아세트산나트륨(CH_3COONa)과 0.59mmol의 질산은(AgNO_3)을 넣고 계속 교반하였다. 아세트산나트륨과 질산은이 모두 녹으면 혼합 용액을 테플론용기에 옮겨 담고 압력을 견딜 수 있도록 금속 용기에 넣은 후 210°C 로 가열 후 4시간 동안 유지시킨다. 반응이 끝나면 합성된 입자를 원심 분리 등으로 분리하여 에탄올, 탈이온수로 정제한다. 분리된 입자를 진공 오븐에서 12시간 동안 건조하여 파우더 형태로 제조한다.

[0125] 이어서, 상기 입자를 탈이온수 등의 극성 용매에 분산시키기 위하여 입자 표면에 친수성 기능을 부착하는 표면 전처리 단계를 진행한다. 입자 합성 단계에서 만들어진 파우더 형태의 나노입자 1mg과 구연산(citric acid, $\text{HOC}(\text{COOH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2$) 0.6mg을 1mL의 탈이온수에 넣고 2시간 동안 초음파 처리한 후 원심분리 등으로 입자를 분리하고 탈이온수로 정제한다.

[0126] 이로써 은(Ag)을 포함하는 코어(Core) 및 산화철(Fe_3O_4)을 포함하는 셸(Shell)을 구비한 구형의 코어-셸 입자로서, 상기 셸(Shell)이 실질적으로 상기 코어(Core)의 표면 전체를 둘러싼 구조의 자성 플라즈몬 입자를 제조하였다. 상기 코어의 평균 직경은 $61.4(\pm 13.3)\text{nm}$ 이고, 상기 셸의 평균 두께는 $54.3(\pm 5.7)\text{nm}$ 였다.

[0128] <실시에 및 비교예>

[0129] 실시예 1

[0130] 수지층의 원료 조성물로서 염기 대 가교제의 질량비가 10:1인 750g의 폴리디메틸실록산(PDMS)를 준비하고, 페트리 접시(직경 90mm, 깊이 15mm)에 부었다. 이어서, 혼합 및 탈기 과정을 거치고, 60°C 의 오븐에서 8시간 동안 경화하여 1.0mm 두께의 PDMS 수지층을 얻었다. 상기 수지층을 $1.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ (가로×세로) 정사각형 크기로 잘라 내었다. 상기 PDMS 수지층의 일면을 에탄올 및 탈이온수 초음파 처리를 통해 세척하고, 표면의 음(-) 전하 강화를 위해 산소 플라즈마 처리하였다. 이어서, 상기 수지층을 양(+)으로 하전된 폴리디알릴디메틸암모늄클로라이드(PDDA) 0.1중량% 수용액에 20분 동안 침지시킨 후 행구고 탈이온수 및 질소(N_2) 가스로 건조하였다. 상기 수지층을 6cm 거리로 대향 이격 배치된 두 개의 네오디뮴 자석($50\text{mm} \times 10\text{mm} \times 2\text{mm}$) 중앙에 위치시켰다. 상기 제조예 1에서 제조한 나노와이어 수용액을 $250\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도로 준비하고, 상기 수지층의 처리된 표면 상에 상기 나노와이어 수용액을 액적 드롭 방식으로 주입한 후 상기 두 개의 자석으로 인해 생성된 5.6mT 세기의 자기장을 인가하였다. 이로써, 상기 나노와이어가 상기 자기장 인가에 의해 정렬되어 상호 이격 배치되고 일방향 정렬 구조를 갖는 복수의 나노와이어집합체를 포함하는 나노와이어층을 형성하였다. 곡률 반경 1.5cm를 만족하고, 중앙에 광경로를 위한 홀(hole)이 형성된 하프-실린더(half-cylinder)를 3D 프린팅 방법으로 제작하고, 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도가 하기 표 1과 같도록 상기 수지층 및 상기 나노와이어층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착하였다. 이때, 상기 나노와이어층 표면을 기준으로 볼록부를 형성하도록 부착하였다. 이로써, 하기 실시예 1-1 내지 1-10의 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

[0132] 실시예 2

[0133] 상기 실시예 1에 있어서, 상기 제조예 1에서 제조한 나노와이어 수용액을 $125\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도로 준비한 것을 제외하고, 동일한 방법으로 하기 실시예 2-1 내지 2-10의 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

[0135] 실시예 3

[0136] 상기 실시예 1에 있어서, 상기 제조예 1에서 제조한 나노와이어 수용액을 $500\mu\text{g}/\text{mL}$ 농도로 준비한 것을 제외하고, 동일한 방법으로 하기 실시예 3-1 내지 3-10의 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

[0138] 비교예 1

[0139] 상기 실시예 1에 있어서, 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도가 90° , 0° 또는 180° 가 되도록 상기 수지층 및 상기 나노와이어층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙

홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 동일한 방법으로 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

비교예 2

상기 실시예 2에 있어서, 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도가 90° , 0° 또는 180° 가 되도록 상기 수지층 및 상기 나노와이어층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 동일한 방법으로 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

비교예 3

상기 실시예 3에 있어서, 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 나노와이어집합체의 정렬 방향이 이루는 각도가 90° , 0° 또는 180° 가 되도록 상기 수지층 및 상기 나노와이어층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 동일한 방법으로 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

비교예 4

상기 실시예 1에 있어서, 상기 제조예 1에서 제조한 나노와이어 수용액 대신에 상기 제조예 2에서 제조한 나노입자 수용액을 $250\mu\text{g/mL}$ 농도로 사용하였고, 상기 하프-실린더의 굴곡 접선 방향과 상기 나노입자의 정렬 방향이 이루는 각도가 0° , 45° 또는 135° ($= -45^\circ$)가 되도록 상기 수지층 및 상기 나노입자층의 적층체를 상기 하프-실린더의 중앙 홀(hole)을 덮도록 부착한 것을 제외하고, 동일한 방법으로 카이로옵티컬 기판을 제조하였다.

상기 실시예 1 내지 3 및 상기 비교예 1 내지 3 각각의 카이로옵티컬 기판에 대하여 나노와이어 수용액의 농도 및 각도는 하기 표 1에 요약된 바와 같다.

표 1

구분	농도 ($\mu\text{g/mL}$)	$\Theta(^{\circ})$	구분	농도 ($\mu\text{g/mL}$)	$\Theta(^{\circ})$	구분	농도 ($\mu\text{g/mL}$)	$\Theta(^{\circ})$
실시예 1-1	250	15	실시예 2-1	125	15	실시예 3-1	500	15
실시예 1-2		165(-15)	실시예 2-2		165(-15)	실시예 3-2		165(-15)
실시예 1-3		30	실시예 2-3		30	실시예 3-3		30
실시예 1-4		150(-30)	실시예 2-4		150(-30)	실시예 3-4		150(-30)
실시예 1-5		45	실시예 2-5		45	실시예 3-5		45
실시예 1-6		135(-45)	실시예 2-6		135(-45)	실시예 3-6		135(-45)
실시예 1-7		60	실시예 2-7		60	실시예 3-7		60
실시예 1-8		120(-60)	실시예 2-8		120(-60)	실시예 3-8		120(-60)
실시예 1-9		75	실시예 2-9		75	실시예 3-9		75
실시예 1-10		105(-75)	실시예 2-10		105(-75)	실시예 3-10		105(-75)
비교예 1-1	180	0	비교예 2-1	90	0	비교예 3-1		0
비교예 1-2		180	비교예 2-2		180	비교예 3-2		180
비교예 1-3		90	비교예 2-3		90	비교예 3-3		90

<평가>

측정예 1: 원편광이색성분광스펙트럼(Circular Dichroism Spectroscopy)

상기 실시예 및 상기 비교예 각각의 기판에 대하여, 원편광이색성분광기(JASCO, J-1500)를 이용하여 500nm/min 의 스캔 속도, 0.5nm 의 데이터 간격, 및 300nm 내지 900nm 의 파장 범위 조건 하에서 스펙트럼을 얻었다. 상기 실시예 1 및 상기 비교예 1에 대하여 측정한 CD 및 LD 스펙트럼은 도 6에 도시한 그래프와 같고, 상기 실시예 2 및 상기 비교예 2에 대하여 측정한 CD 및 LD 스펙트럼은 도 7에 도시한 그래프와 같고, 상기 실시예 3 및 상기 비교예 3에 대하여 측정한 CD 및 LD 스펙트럼은 도 8에 도시한 그래프와 같고, 상기 비교예 4에 대하여 측정한 CD 및 LD 스펙트럼은 도 9에 도시한 바와 같다.

측정예 2: 광학 특성의 측정

상기 실시예 1-1, 상기 실시예 2-1 및 상기 실시예 3-1에서 제조된 각각의 기판에 대하여, 자외선-가시광선 분광기(Scinco, Mega Array)를 이용하여 300nm 내지 900nm 파장의 광투과율 스펙트럼을 도출하였다. 그 결과도 도 10의 그래프에 도시한 바와 같다.

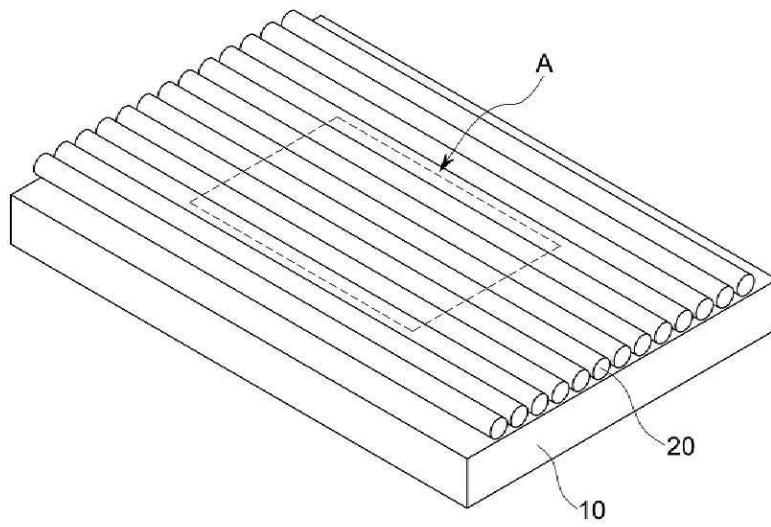
[0161] 상기 실시예 및 상기 비교예와 도 6 내지 도 10의 그래프를 참조할 때, 상기 실시예 1 내지 3의 카이로옵티컬 기관의 경우, CD 스펙트럼 상 오른쪽 카이랄성(RH) 및 왼쪽 카이랄성(LH)의 그래프가 명확히 구분되어 나타나는 것을 통해 구조적 카이랄성을 나타냄을 알 수 있다. 또한, 상기 복수의 나노와이어 집합체의 정렬 방향과 상기 굴곡부의 접선 방향이 이루는 각도의 변화에 따라 CD 스펙트럼의 RH 그래프와 LH 그래프의 대칭성이 달라지며, 대칭성이 높을수록 우수한 카이랄성을 나타내는 것을 알 수 있다. 나아가, 상기 실시예 1 내지 3의 카이로옵티컬 기관의 경우 300nm 내지 900nm의 파장에서 광투과율이 약 10% 이상, 예를 들어, 약 20% 이상, 예를 들어, 약 25% 이상, 예를 들어, 약 30% 이상, 예를 들어, 약 10% 내지 약 70%, 예를 들어, 약 20% 내지 약 70%, 예를 들어, 약 25% 내지 약 70%, 예를 들어, 약 30% 내지 약 70%의 범위를 나타냄으로써 이에 상응하는 광학적 용도에 적용 가능한 이점을 구현함을 알 수 있다.

부호의 설명

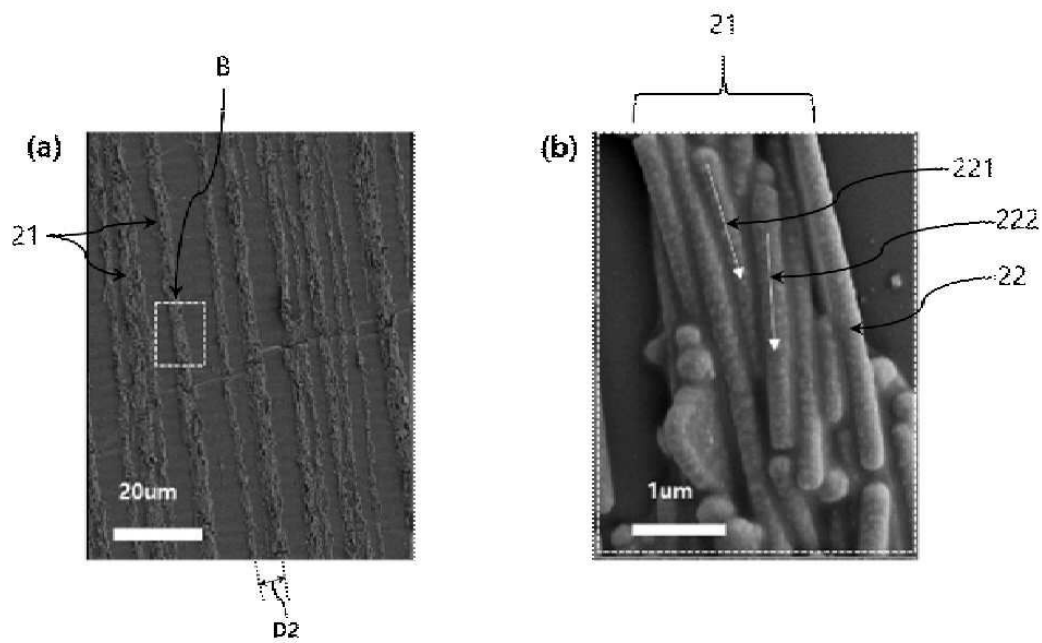
[0162] 100: 카이로옵티컬 기관
 10: 수지층
 20: 나노와이어층
 21: 나노와이어집합체
 22: 나노와이어
 221: 제1 나노와이어
 222: 제2 나노와이어
 14: 코어
 15: 셸
 W1: 코어의 평균 폭
 D1: 셸의 평균 두께
 L1: 코어의 길이
 r: 곡률 반경
 T: 굴곡부의 접선 방향
 D2: 인접한 두 나노와이어집합체의 이격 거리
 P: 나노와이어집합체의 정렬 방향

도면

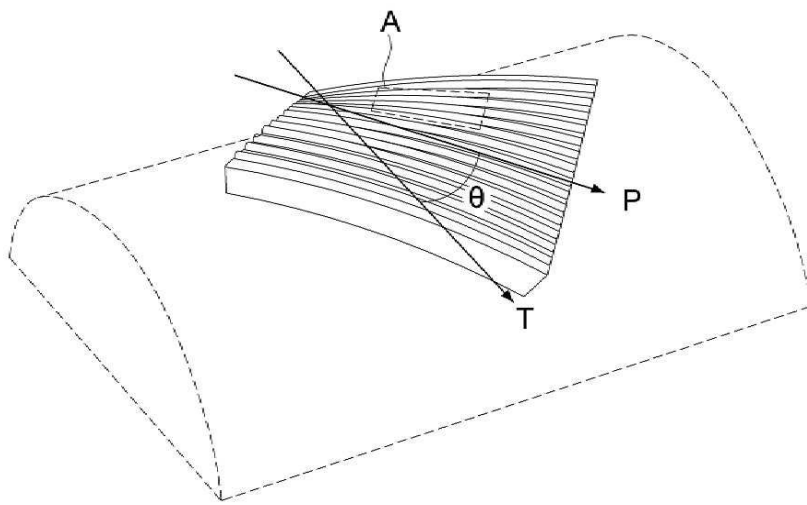
도면1



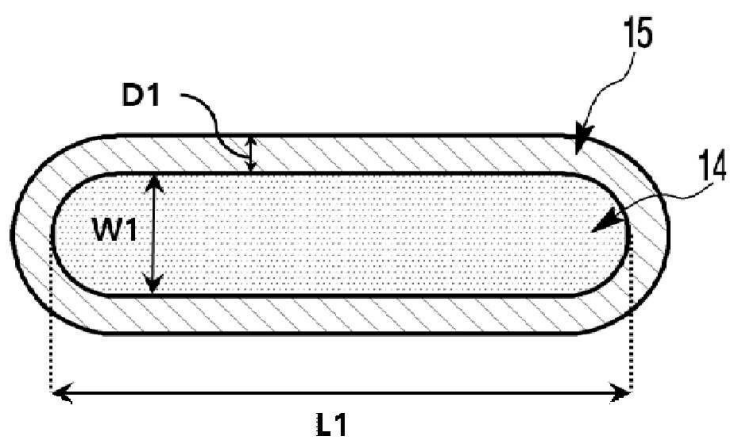
도면2



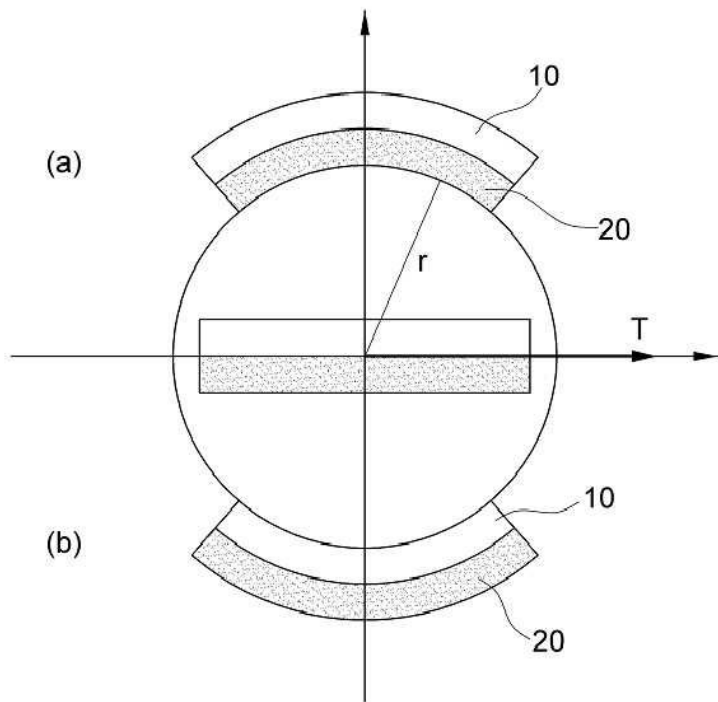
도면3



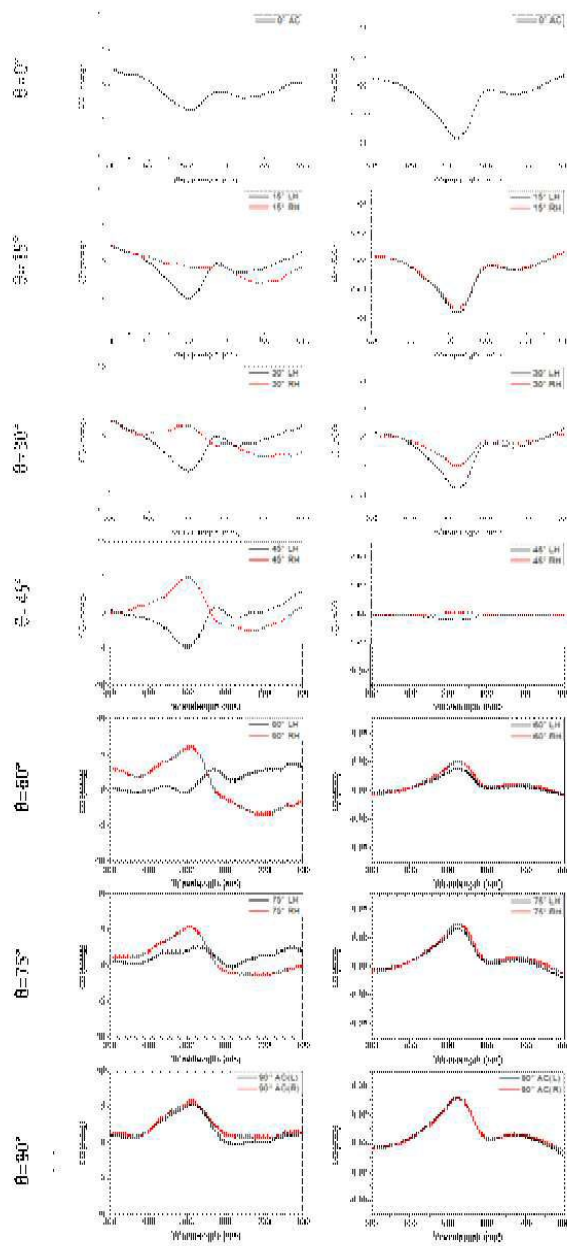
도면4



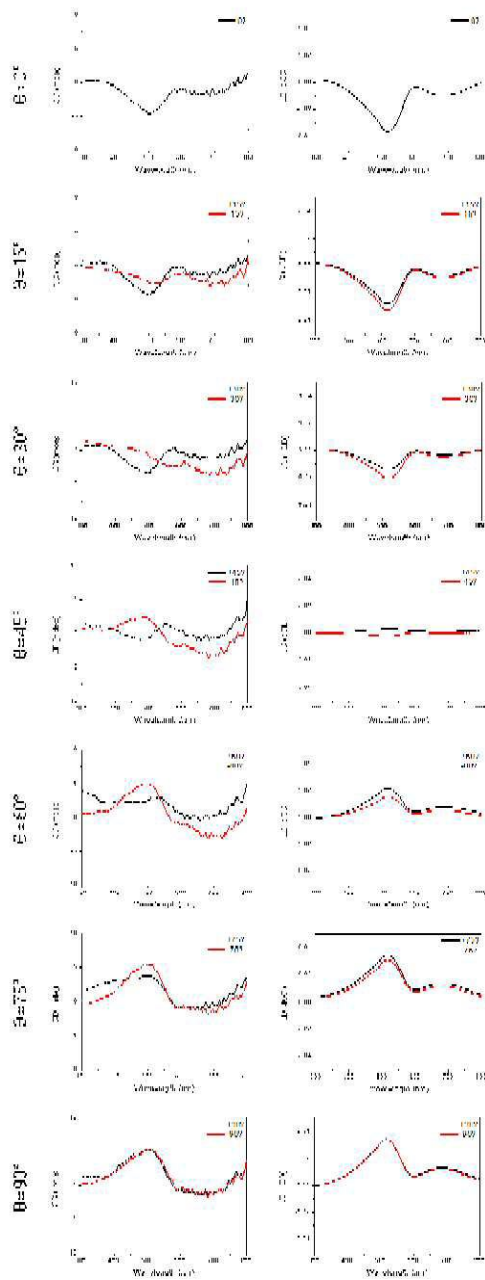
도면5



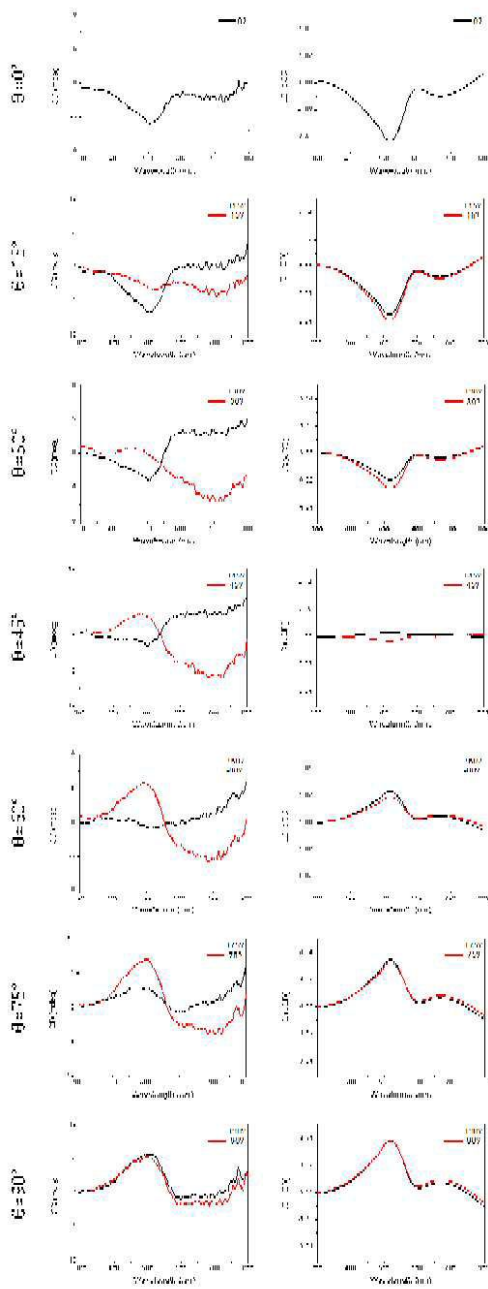
도면6



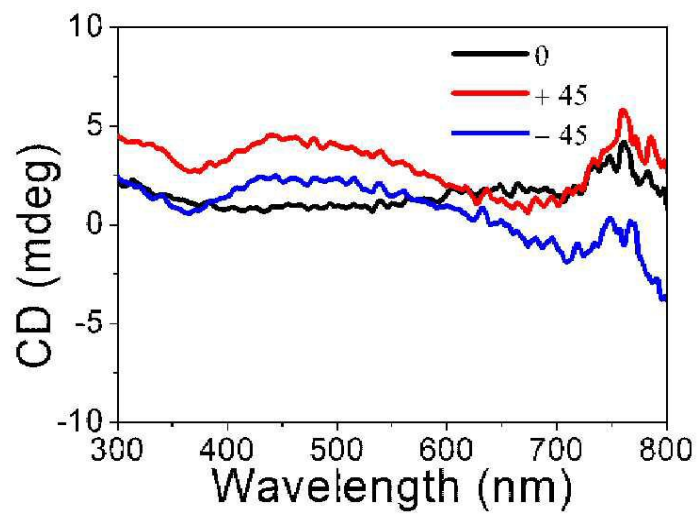
도면7



도면8



도면9



도면10

