



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월26일  
(11) 등록번호 10-2812772  
(24) 등록일자 2025년05월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 3/14 (2006.01) G02B 5/23 (2006.01)  
G02B 5/24 (2006.01) G02F 1/29 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G02B 3/14 (2013.01)  
G02B 5/23 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7005961
- (22) 출원일자(국제) 2021년08월31일  
심사청구일자 2024년09월02일
- (85) 번역문제출일자 2023년02월20일
- (65) 공개번호 10-2023-0056673
- (43) 공개일자 2023년04월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2021/048418
- (87) 국제공개번호 WO 2022/047371  
국제공개일자 2022년03월03일
- (30) 우선권주장  
63/072,361 2020년08월31일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP05053089 A\*  
JP2018018073 A\*  
KR1020100013179 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
알파마이크론, 인크.  
미국 44240 오하이오주 켄트, 1950 스테이트 루트 59
- (72) 발명자  
타헤리 마흐만  
미국, 오하이오 44122, 셰이커 헤이즈, 3256 란스미어 로드  
소토 페드로 쿠티노  
미국, 오하이오 44240, 1915 스테이트 루트 59 넘버3
- (74) 대리인  
윤앤리특허법인(유한)

전체 청구항 수 : 총 20 항

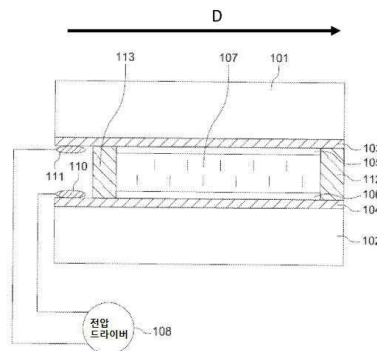
심사관 : 이성룡

(54) 발명의 명칭 점진적인 전기 광학 디바이스 및 방법

(57) 요약

하나 이상의 공간 가변 광학 응답 특성을 갖는 광학 디바이스가 개시된다. 광학 디바이스는 한 쌍의 기관들 사이에 함유된 액정 재료를 포함하는 셀을 포함하고, 각각의 기관은 그 위에 제공되는 투명 전도성 층을 갖는다. 전극 연결부는 각각의 투명 전도성 층과 접촉한다. 구동 신호 소스는 셀에 구동 신호를 인가하기 위해 각각의 전극 연결부와 전기 통신한다. 구동 신호 소스로부터 전극 연결부들에 인가된 구동 신호는 전극 연결부들로부터 멀어지는 한 쌍의 투명 전도성 층을 따라 구배 방향으로 전압 구배를 생성한다. 전압 구배는 디바이스의 적어도 일부에 걸쳐 적어도 하나의 광학 응답 특성에서 구배를 생성하기 위해 액정 재료에 의해 수신된다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

*G02B 5/24* (2013.01)

*G02F 1/294* (2021.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

하나 이상의 공간적 가변 광학 응답 특성을 갖는 광학 디바이스(optical device)로서, 상기 광학 디바이스는 하나 이상의 개별 액정 셀을 포함하며, 각각의 개별 셀은:

단일한 한 쌍의 기관들 사이에 함유된 액정(liquid crystal) 재료-여기서, 각각의 기관은 그 위에 제공된 투명 전도성 층을 가짐-;

각각의 투명 전도성 층과 접촉하는 전극 연결부(electrode connection); 및

상기 셀에 구동 신호를 인가하기 위해 각각의 전극 연결부와 전기 통신하는 구동 신호 소스(driving signal source)를 포함하고,

여기서:

- i) 상기 구동 신호 소스로부터 상기 전극 연결부들에 인가된 구동 신호는 상기 전극 연결부들로부터 멀어지는 상기 한 쌍의 투명 전도성 층들을 따라 구배(gradient) 방향으로 전압 구배를 생성하고;
- ii) 상기 구동 신호의 주파수의 변경이 상기 전압 구배를 변경하도록, 상기 구동 신호는 전압 및 주파수에 의해 특징지어지며; 및
- iii) 상기 디바이스의 적어도 일부에 걸쳐 적어도 하나의 광학 응답 특성에서 구배 효과를 생성하기 위해 상기 전압 구배가 액정 재료에 의해 수신되는, 광학 디바이스.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 광학 응답 특성은 반사, 굴절, 흡수 또는 산란, 또는 이들의 조합을 포함하는, 광학 디바이스.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 액정 재료는 게스트-호스트(guest-host) 혼합물을 포함하고 적어도 하나의 광 응답 특성은 흡수인, 광학 디바이스.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 투명 전도성 층들은 픽셀화되지 않은, 광학 디바이스.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 전극 연결부들은 각각 상기 디바이스 내의 거의 동일한 위치에 위치되는, 광학 디바이스.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 전극 연결부들은 각각 디바이스 에지 또는 그 근처, 디바이스 코너 또는 그 근처, 또는 디바이스 중심 또는 그 근처에 함께 위치되는, 광학 디바이스.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 전압은 상기 액정의  $V_{th}$ 보다 크고 상기 주파수는 30Hz보다 큰, 광학 디바이스.

**청구항 10**

제1항에 있어서, 상기 액정 재료는 네거티브 이방성(negative anisotropy)을 갖는, 광학 디바이스.

**청구항 11**

제1항에 있어서, 상기 액정 재료는 포지티브 이방성(positive anisotropy)을 갖는, 광학 디바이스.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 각각의 전극 연결부는 상기 셀의 경계 또는 에지를 따르는 전극 버스인, 광학 디바이스.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 경계는 원형이고 상기 구배 방향은 상기 원의 반경이어서 상기 셀의 적어도 하나의 광학 응답 특성이 상기 원의 상기 반경을 따라 가변적인, 광학 디바이스.

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 광학 디바이스는 공간 가변 광 필터인, 광학 디바이스.

**청구항 15**

제1항에 있어서, 상기 투명 전도성 층은 패턴이 없는 균일 층인, 광학 디바이스.

**청구항 16**

제1항에 있어서, 상기 투명 전도성 층은 1 옴/스퀘어(ohm/square) 이상의 비저항(resistivity)을 갖는, 광학 디바이스.

**청구항 17**

제1항에 있어서, 적어도 하나의 광학 응답 특성은 굴절인, 광학 디바이스.

**청구항 18**

제17항에 있어서, 상기 디바이스는 가변 굴절률을 갖는 렌즈인, 광학 디바이스.

**청구항 19**

제17항에 있어서, 상기 디바이스는 가변 빔 편향기인, 광학 디바이스.

**청구항 20**

제1항에 따른 광학 디바이스를 포함하는 제조 물품으로서, 상기 제조 물품은 안경, 바이저, 고글, 안면 보호대, AR/VR 헤드셋, 근안 디스플레이, 윈도우, 앞유리, 선루프, 헤드업 디스플레이 또는 광학 기기를 포함하는, 제조 물품.

**청구항 21**

제20항에 있어서, 상기 광학 디바이스가 그에 적층되는, 제조 물품.

**청구항 22**

제1항에 있어서, 상기 구배 효과는 상기 전극 연결부 근처의 제1 단부에서 시작하여 상기 전극 연결부로부터 멀어지는 제2 단부에서 끝나는 광학 응답 구배 방향에 있는, 광학 디바이스.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2020년 8월 31일에 제출된 점진적인 전기 광학 디바이스 및 방법이라는 명칭의 미국 가특허 출원 일련 번호 제63/072,361호에 대한 우선권 및 기타 이익을 주장하며, 그 전체 개시 내용은 본 명세서에 참고로 포함된다.
- [0003] 기술 분야
- [0004] 본 발명은 광학 디바이스(optical device)에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0005] 안경, 렌즈, 카메라 필터, 그레이징과 같은 기존의 광학 디바이스는 일반적으로 색조, 반사 또는 초점 거리와 같은 고정된 광학 속성을 가지고 있다. 이로 인해 특정 응용 프로그램에서 성능이 최적화되지 않아 사용자 경험이 저하된다. 일부 일상적인 예에서 광학 디바이스의 품질과 다양성은 그리 까다롭지 않다. 예를 들어 전문적이고 최적의 조명이 필요한 영화 촬영과 같은 다른 설정에서는 카메라의 광학 속성이 중요하다. 따라서 이러한 애플리케이션에서 일반적인 방법은 환경 조건에 따라 광학 디바이스를 변경하는 것이다. 이는 광학 디바이스의 다양성에 큰 제약이 된다. 또한 물리적으로 광학 디바이스를 변경할 수 없는 경우가 많다. 이를 극복하기 위해 등급화 디바이스(graded device)가 사용된다. 이는 사용되는 위치에 따라 광학 성능이 달라지는 광학 디바이스다. 이에 대한 일반적인 예로는 선글라스의 등급화 색조, 다초점 처방 렌즈, 자동차 앞 유리의 태양 등급 및 등급화 카메라 필터를 포함한다. 예를 들어, 자연광이 사진의 밝기를 포화시키는 영화 촬영 중에, 카메라 렌즈에 가장 많은 햇빛이 들어오는 "상단"에서 색조가 가장 어두워지도록 점진적인 색조가 있는 필터가 사용된다(도 1a). 이 필터는 필요에 따라 조정 가능하지 않기 때문에, 이는 햇빛 조건이 변경되면 교체되어야 한다. 따라서 이러한 시스템의 경우에도, 다양한 조명 조건에 대해 "더 넓거나" "더 좁은"(공간적으로 가변적) 색조 영역을 가진 다중 필터들이 필요하다.
- [0006] 기존 광학 디바이스의 문제점을 극복하기 위해, 주변 환경의 조건 및/또는 사용자의 요구에 따라 광학 응답을 조정할 수 있는 적응형(adaptable) 광학 디바이스가 필요하다. 이 경우, 예를 들어 광학 디바이스의 색조는 주변 조명 조건에 따라 변경될 수 있다. 대안적으로, 렌즈의 초점 거리(조정 가능한 굴절률)는 조정 가능할 수 있다. 이는 액정(LC)과 같은 전기 광학 재료를 사용하여 입증되었다. 예를 들어, ITO와 같은 투명 전도체에 전기 신호가 공급된다. 이는 전기광학 재료 및 그에 따른 디바이스의 광학적 속성을 변경한다. "구배(gradient)" 픽셀화를 달성하기 위해, 일부 다른 전극 패터닝이 필요하였다. 이 경우 기존 LCD에서 사용되는 것과 유사하게 전기 신호가 특정 픽셀에 인가된다. 따라서 광학 속성이 공간적으로 "점진적인" 변화를 갖는 디바이스를 만들기 위해서는, 각기 다른 광학 속성을 갖는 다중 영역들이 필요하다. 이것은 차례로 투명 전도체, 다중 전극 점점들 및 정교한 드라이버들의 복잡한 픽셀화를 의미한다. 이러한 조건에서도, "단계적(step-wise)" 변경만이 달성된다. 이 접근법은 예를 들어 사진 또는 촬영과 같은 특정 응용 프로그램에는 적합하지 않다. "단계적" 필터는 입사광의 굴절 또는 강도에 기생적 변화를 초래하는 두 개의 인접 영역들 사이에 광학 인터페이스를 생성한다. 이 변화는 종종 카메라 센서에 의해 기록되며 일반적으로 바람직하지 않은 것으로 간주된다. 이를 예시하기 위해, 도 1a는 색조 전이가 점진적이지만 고정된 매끄럽고 점진적인 고정 색조 카메라 필터의 종래 기술 예를 도시한다. 도 1b는 상이한 색조를 갖는 다양한 픽셀들 또는 세그먼트들을 갖는 종래 기술의 LC 가변 색조 디바이스를 도시한다. 이 디바이스는 상이한 색조 레벨들을 달성할 수 있지만 색조 전환은 단계적이고 갑작스럽다. 도 1c는 "단계적" 광 투과율 T와 필터의 축(Y-축)을 따른 거리 D 사이의 관계를 예시하는 플롯을 도시한다.
- [0007] 또 다른 유형의 그라데이션 색조 디바이스는 인공 홍채(artificial iris)이다. 한 가지 예는 개별적으로 에드레싱 가능한 동심원 LCD 링들을 여러 개 포함하는 안내(intraocular) 렌즈이며, 도 2를 참조한다(Smet, Herbert De 등 "동적 인공 홍채로 사용되는 커브드 게스트-호스트 LCD" (2014) 정보디스플레이학회, 중유럽 챗터, 2014년 봄 미팅; 초록집, p.22-22). 이러한 링들은 온 또는 오프될 수 있으며 각 링 또는 구역의 어두움은 전기적으로 제어될 수 있다. 도면에서는, 극한 상태(최대 투과 및 최대 흡수)만 도시된다. 이 LCD 링의 온/오프 스위치는 홍채와 같은 피처를 생성하며, 이는 무홍채증(aniridia)이나 평활근종(leiomyoma)과 같은 홍채 결핍증이 있는 사람들을 돕기 위해 사용될 수 있다. 이러한 유형의 다중 링 홍채의 한 가지 단점은 색조 영역을 단계적 방식으로만 조정할 수 있지만 자연 홍채를 시뮬레이션하는 연속 구배 색조 영역을 생성할 수 없다는 것이다.
- [0008] 광의 투과율/흡수율은 조정될 수 있는 광학 응답의 한 유형이다. 디바이스의 굴절률 제어를 통해 달성될 수 있는 다른 광학 응답이 존재한다. 이것의 일반적인 예는 렌즈이다. 광학 디바이스의 초점 거리는 일반적으로 광학 디바이스의 곡률(오목 또는 볼록), 렌즈의 두께 및 재료의 굴절률이라는 세 가지 인자들에 의해 결정된다. 세

가지 모두 렌즈 자체의 물리적 속성이기 때문에, 일단 렌즈가 제조되면 단일 렌즈의 초점 거리가 조정될 수 없다. 조정 가능한 초점 심도(focusing depth)를 가지려면, 종종 초점 거리가 다른 렌즈들의 세트가 필요하다. 또는 대안적으로, 고정 초점 거리 렌즈들의 복잡한 움직임을 사용하여 이미지 위치 또는 초점 심도가 조정된다. 이러한 덩치가 큰(bulky) 접근법은 예를 들어 이중 초점 또는 삼중 초점 안경이나 가변 초점 길이가 필요한 카메라 렌즈에서는 실행 가능하지 않다. 다중 렌즈들이 필요하지 않고 초점 거리를 조절할 수 있는 단일 렌즈 시스템을 생성하기 위해, 굴절률을 조정할 수 있는 디바이스가 시도되고 제안되었다. 액정은 높은 굴절률과 낮은 전력 소비로 인해 이러한 유형의 애플리케이션에 적합한 전기 광학 재료이다(예를 들어, 미국 공개 번호 제 2004/0179148A1호, 미국 특허 번호 제7,009,757호; 및 미국 특허 번호 제10,330,970호). 가변 굴절률을 생성하기 위해 LC 재료를 사용하는 기존의 예는 일반적으로 상이한 인가 전압들을 갖는 LC 층의 상이한 영역들을 갖기 위해 복잡한 패턴화된 전극들 및/또는 복잡한 정렬 층들을 포함한다. 예를 들어, 도 3을 참조한다(미국 공개 번호 제2006/164593호 초점 거리가 가변적인 AI 적응형 전기 활성 렌즈에서 채택됨). 점진적인 전환을 달성하지 못하는 것 외에도, 이러한 패턴화된 방법은 많은 복잡한 제조 단계들을 필요로 한다.

[0009] 요약하면, 기존 광학 디바이스의 정적, 튜닝 불가능 또는 단계적 광학 속성(색조 및 광학 길이와 같은)은 다양한 상황에서 그의 사용을 제한하고 단계적 전이를 제거하고 제조를 단순화하는 튜닝 가능하고, 공간적으로 조정 가능한 광학 속성을 갖는 더 나은 광학 디바이스가 필요하다. 본 명세서에 설명된 발명은 위에서 논의된 문제 중 일부를 해결하기 위해 시작되었다.

**발명의 내용**

**과제의 해결 수단**

[0010] 본 명세서에서는 공간적으로 가변적인 광학 응답 특성을 갖는 광학 디바이스가 설명된다.

[0011] 광학 디바이스는 한 쌍의 기관들 사이에 함유된 액정 재료를 포함하는 셀을 포함하고, 각각의 기관은 그 위에 제공되는 투명 전도성 층을 갖는다. 전극 연결부는 각각의 투명 전도성 층과 접촉한다. 구동 신호 소스는 셀에 구동 신호를 인가하기 위해 각각의 전극 연결부와 전기 통신한다. 구동 신호 소스로부터 전극 연결부들에 인가된 구동 신호는 전극 연결부들로부터 멀어지는 한 쌍의 투명 전도성 층들을 따라 구배 방향으로 전압 구배를 생성한다. 전압 구배는 디바이스의 적어도 일부에 걸쳐 적어도 하나의 광학 응답 특성에서 구배를 생성하기 위해 액정 재료에 의해 수신된다.

**도면의 간단한 설명**

[0012] 본 발명의 목적, 기술 및 구조의 완전한 이해를 위해, 다음의 상세한 설명 및 첨부 도면을 참조해야 하며, 여기서:

도 1a는 방향 D를 따라 점진적으로 페이딩(fading)되는 영구적이고 연속적인 색조를 갖는 정적 광학 디바이스의 종래 기술 예를 도시하고; b는 분할된 가변 색조를 갖는 가변 광학 디바이스를 도시하고, c는 투과율 T%와 거리 D의 관계를 나타내는 그래프를 도시한다.

도 2는 단계적 색조 조정이 가능한 튜닝 가능한 홍채(콘택트 렌즈)의 종래 기술 예를 도시한다.

도 3은 패턴화된 전극들을 갖는 조정 가능한 굴절률을 갖는 디바이스의 종래 기술 예를 도시한다.

도 4는 단계적 색조 변화에서 픽셀화 (A) 또는 분할 (B)을 통해 변화하는 조정 가능한 색조 또는 홍채 콘택트 렌즈의 종래 기술 예를 도시한다.

도 5는 일부 실시예에 따른 액정 셀의 개략적인 단면도이다.

도 6(A1)은 인가된 구동 신호가 없는 일부 실시예에 따른 액정 셀(LC 셀)을 도시하고; (B1)은 구동 신호가 인가된 상태에서 액정 셀을 도시하고; (C1)은 액정 분자의 분자 회전을 도시하고; (A2), (B2)는 거리 D에 대한 투과율 T%의 대응하는 플롯을 도시하고; (C2)는 방향자 배향(director orientation)  $\theta$ 와 인가 전압 사이의 관계를 도시한다.

도 7은 일부 실시예에 따라 구동 신호가 그 주파수 및 전압을 변화시킬 때 셀의 색조에 대한 영향을 도시한다.

도 8은 일부 실시예에 따라 함께 넣어진 다중 LC 셀들의 일부 가능한 조합을 도시한다.

도 9는 일부 실시예에 따라 원형 LC 셀 및 셀 내의 그 층들의 계단식 절취도이다.

도 10a는 일부 실시예에 따라 중심적으로 페이딩되는 방사형 구배 색조를 도시하고; b는 반경 r에 대한 T%의 플롯; C는 r에 대한 전압 V의 플롯이다.

도 11은 일부 실시예에 따라 구동 신호가 그의 주파수 및 전압을 변경할 때 원형 셀의 색조에 대한 영향을 도시한다.

도 12는 (A) 종래의 이중 볼록 렌즈와 (B) 종래의 이중 오목 렌즈의 개략도이다.

도 13은 굴절률을 조정하기 위해 패턴화된 전극들을 사용하는 종래 기술의 적응형 렌즈의 예를 도시하며, 다중 전극 구성으로 인해 각 세그먼트가 특정 LC 분자 배향을 갖게 된다.

도 14a는 다중 전극을 사용하지 않고 LC 분자 배향의 점진적인 변화를 도시하고 및 b는 일부 실시예에 따른 굴절률 n과 렌즈 상의 위치와 전극 연결부의 위치 사이의 거리 r 사이의 관계를 도시한다.

도 15는 일부 실시예에 따라 기판 위에 패턴화된 투명 전도성 층 및 좁은 전도성 라인의 비제한적 예의 평면도이다.

도 16은 다양한 구동 신호들에 응답하여 다양한 구배 색조를 갖는 LC 셀의 예의 평면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 픽셀화 또는 다중 섹션들에 대한 다중 전극 연결부들을 사용하지 않고 구배를 따라 변경될 수 있는 가변 광학 응답 특성을 갖는 액정(LC) 광학 디바이스가 본 명세서에서 설명된다. 본 발명의 디바이스에서, 가변 전압 구배는 LC 셀의 투명 전도성 층의 용량성 및/또는 저항성 속성을 사용하여 방향을 따라 달성된다.
- [0014] 일반적으로, LC 셀에서, LC 분자 배향은 인가된 전압에 따라 달라진다. LC 분자 배향을 사용하는 디바이스에서 공간적으로 가변적인 광학 속성을 가진 영역을 달성하기 위해, 다른 LC 분자 배향을 달성하여 대응하는 영역에서 상이한 광학 효과를 얻기 위해 셀을 각 영역에서 다양한 세그먼트들(또는 픽셀들)로 픽셀화하거나 분할하고 각 세그먼트/픽셀에 다른 전압을 인가해야 했다(예를 들어, De Smet 미국 특허 번호 제9,829,720호에서 가져온 도 4A 및 4B 참조, 가변 광학 특성을 생성하기 위해 각각 자체 전압을 갖는 복수의 세그먼트를 도시함). 대안적으로, d/p와 같은 액정의 셀 갭/물리적 속성 또는 중합체 함량을 공간적으로 변경하거나 투명 전도체 층의 전도성/비저항을 공간적으로 변경하는 것과 같은 디바이스의 물리적 구조를 제어할 필요가 있다. 이러한 유형의 접근법은 제조 및 제어가 복잡하다. 또한 인접한 세그먼트들 또는 픽셀들 사이의 변형은 매끄러운 전환이 아닌 "단계적" 변형을 초래하고 세그먼트들 사이에 회절, 굴절 및 가시 라인들과 같은 원치 않는 광학 수차(optical aberration)를 생성할 수 있다.
- [0015] 본 발명자들은 액정 셀의 손실 커패시터 특성, ITO와 같은 투명 전도체의 낮은 전도도(1옴/스퀘어(Ohm/square) 이상), 및 인가되는 구동 신호의 충분히 높은 주파수가 셀 내에서 전압 구배를 생성하고 픽셀화/분할 또는 위에서 언급된 다른 접근법의 필요성을 줄이거나 제거하는 데 사용될 수 있음을 발견하였다. 재료, 디바이스 구성 및 LC 셀에 인가되는 구동 파형의 적절한 선택을 통해, LC가 겪는 전압의 공간 구배가 설정될 수 있고, 이는 차례로 LC 셀의 차원을 따라 광학 속성을 변경할 수 있다. 구동 신호는 영역으로부터 떨어진 전압 구배를 획득하기 위해 위치 또는 영역에서 전극 연결부를 가로질러 인가되며, 이는 다시 연결 영역으로부터의 셀 스템밍(stemming)의 광학적 속성에서 구배 효과를 달성한다. 구배의 심도는 인가된 구동 신호, 투명 전도체의 전도도 및 사용된 LC의 구성에서 적절한 제어에 의해 결정 및 제어된다. 이 접근법은 셀에서 구배 효과를 달성하고 디바이스의 광학 성능을 개선하며 제조를 단순화하기 위해 각각 자체 전극 연결부 및 전압이 필요한 다중 세그먼트들의 필요성을 줄이거나 제거한다.
- [0016] 정의
- [0017] "구동 신호"는 LC 셀에 인가되는 전기 신호를 지칭하며 전압(진폭, 극성), 주파수, 지속시간, 파형 등 다양한 특성을 갖는다.
- [0018] "전극 연결부"는 셀의 전도성 층에 구동 신호가 인가되는 포인트 또는 영역을 지칭한다. 일부 예에서, 전극 연결부는 버스(bus)이지만 당업계에 공지된 바와 같이 임의의 형상 또는 형태를 취할 수 있다.
- [0019] "광학 응답 구배 방향"은 제1 단부(일반적으로 전극 연결부들 근처)에서 시작하여 제2 단부(일반적으로 전극 연결부들에서 멀어짐)에서 끝나는 방향을 지칭한다. 제1 단부는 일반적으로 전체 구배의 가장 중요한 광학 응답을

가지며 제2 단부는 일반적으로 전체 구배의 가장 덜 중요한 광학 응답을 갖는다.

- [0020] "광학 응답 특성"은 광 반사, 굴절, 흡수, 산란 또는 이들의 조합을 의미한다. 반사, 굴절, 흡수 또는 산란되는 광은 가시광, UV 광 또는 IR 광을 포함할 수 있다.
- [0021] "전압 구배"는 특정 방향, 예를 들어 광학 응답 구배 방향을 따라 인가된 전압의 연속적인 공간적 증가 또는 감소를 의미한다. 일부 예에서 "연속"은 픽셀화되지 않음을 의미한다.
- [0022] "흡수 대역"은 흡수가 일어나는 스펙트럼 파장을 정의할 수 있다.
- [0023] "투명 상태" 또는 "투명 상태 투과"는 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 게스트-호스트 혼합물이 최대 광 투과율을 나타내는 상태를 지칭할 수 있다.
- [0024] "어두운 상태" 또는 "어두운 상태 투과"는 게스트-호스트 혼합물이 최소한의 광 투과율을 나타내는 상태를 지칭할 수 있다.
- [0025] "이색성(DC) 염료"는 막대 모양의 유기 분자로, 광 흡수 속성이 분자에 대해 평행 ( $\alpha_{\parallel}$ ) 및 수직 ( $\alpha_{\perp}$ )로 발생하는 독특한 이방성(anisotropy)을 나타내며, 이는 이색성 비율  $DR = \alpha_{\parallel} / \alpha_{\perp}$ 로 특징지어진다. 이색성 비율(DR)을 갖는 임의의 분자는 "이색성"을 나타내는 분자이다.
- [0026] "이색성 비율", "평균 이색성 비율" 또는 혼합물의  $D_{mix}(DR = \alpha_{\parallel} / \alpha_{\perp})$ 는 하나 이상의 DC 염료들을 함유할 수 있는 게스트-호스트 혼합물의 이색성 비율을 지칭한다. 혼합물 이색성 비율은 유효 이색성 비율( $D_{eff}$ ) 또는 응집체 유효 이색성 비율( $D_{eff-agg}$ )의 공식을 사용하여 측정될 수 있다. 따라서, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이,  $D_{mix}$ ,  $D_{eff}$  또는  $D_{eff-agg}$ 는 (이색성 비율을 측정하기 위해 사용되는 방법에 따라) 상호교환적으로 사용되며 동일한 파라미터를 기술한다.
- [0027] 본 명세서에서 사용되는 "협대역 흡수"는 175nm 이하, 또는 대안적으로 165nm, 155nm, 120nm 또는 80nm 이하인 FWHM(Full Width at Half Max)을 갖는 스펙트럼 흡수 대역 폭으로 정의되며, 여기서 전체 스펙트럼 흡수 대역은 400 내지 700nm의 가시 영역 내에서 측정된다.
- [0028] "가시 광"은 약 400 내지 약 700nm의 파장 범위를 지칭한다.
- [0029] 본 명세서에서 사용되는 "광대역 흡수"는 175nm 초과, 바람직하게는 180nm, 185nm, 190nm, 195nm 또는 200nm 초과인 스펙트럼 흡수 대역을 의미할 수 있고, 여기서 전체 스펙트럼 흡수 대역은 일반적으로 400nm 내지 700nm로 가정되는 가시 파장 범위 내에 포함된다.
- [0030] "광대역 디바이스"는 50% 미만 또는 일부 예에서 40%, 30%, 20%, 15% 미만, 또는 일부 예에서 10% 미만의 편광 감도(polarization sensitivity)로 넓은 흡수 대역 및 넓은(즉 >30%) 투과 스윙을 생성할 수 있는 디바이스를 지칭한다.
- [0031] **설명:**
- [0032] 본 명세서에 기술된 디바이스의 실시예에서, 광학 디바이스의 구배 광학 응답은 구동 신호를 LC 셀에 인가하고 디바이스의 임피던스 속성을 사용하여 달성된다. 구동 신호를 인가하고, LC 셀의 특성에 따라, 구배 광학 응답들 중 하나 또는 조합이 달성될 수 있다. 구동 신호는 전압(진폭, 극성), 주파수, 지속시간, 파형(사인파, 구형파, 삼각파, 톱니파, 교번하는 극성, 교번하지 않는 극성 등) 등 다양한 특성을 갖는 LC 셀 전극에 인가되는 전기 신호이다. 이러한 특성들의 각각은 LC의 분자 이동 및 배향에 영향을 미칠 수 있으며, 이는 차례로 LC 셀의 광학 반응의 변경을 초래한다.
- [0033] LC 재료는 인가된 외부 전압/전기장에 응답한다. LC 셀에 전압이 인가되면, 네마틱 LC 분자는 전기장에 따라 또는 수직으로 재배향 및 정렬된다. 긴(elongated) 분자의 통계적으로 평균화된 배향은 특정 방향을 가리키고 이 방향을 따른 유닛 벡터를 "방향자(director)"라고 한다. LC 분자는 방향자가 기판에 수직일 때 수직으로 정렬된다; 방향자가 기판에 평행할 때 LC 분자는 평면 배향에 있다. 전체 셀이 균일한 전압을 가질 때 셀은 균일한 광학 응답을 나타낸다. 셀의 상이한 영역들이 상이한 전압들을 가질 때 셀은 다양한 광학 응답을 나타낸다. LC 셀이 특정 방향을 따라 구배 가변 전압을 가질 때, 이러한 방향을 따라 구배 가변 광학 응답 특성, 즉 공간 가변

광학 응답 특성을 생성한다.

- [0034] 인가된 전압의 변화에 대한 LC 분자의 전술한 광학 응답은 구배 광학 속성을 갖는 조정 가능한 광학 디바이스를 만드는 데 사용된다. 일부 비제한적 예시적 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에서 상세히 설명되지만, 청구범위에 의해 정의되고 사상 내에서 다른 예시 및 실시예가 가능하다는 점에 유의해야 한다.
- [0035] 본 발명자들은 먼저 광학 디바이스에 대한 광학 응답으로서 광 투과율/흡광도를 조사하였다. 즉, 광학 응답 특성이 광 흡수인 경우이다. 광의 흡수로 인해 LC 셀에 색조가 나타난다. 색조를 점진적이고 연속적이며(픽셀화되지 않음) 튜닝 가능하게 하기 위해, 제1 실시예는 LC 셀을 채택하는데, 여기서 LC 셀 내의 액정 분자의 배향을 지시하는 구동 신호를 변경함으로써 색조가 변경될 수 있다. 도 5는 구동 신호 소스(108), 예를 들어, 전압 드라이버에 연결된 광 변화 액정 셀(100)을 포함하는 일부 실시예에 따른 액정 디바이스의 단면도이다.
- [0036] 셀(100)은 한 쌍의 대향 기관들(101, 102) 사이에 개재된 액정 재료 또는 혼합물(107)을 포함한다. 나중에 더 자세히 논의되는 바와 같이, 기관들은 독립적으로 선택될 수 있고 예를 들어 중합체 재료, 유리 또는 세라믹을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, LC 혼합물은 중합체가 없을 수 있거나 특정 실시예에서 중합체 LC를 사용하는 것이 가능하다. 각 기관(101, 102)의 내부 표면에는 투명 전도성 층들(103, 104)이 각각 배치되어 있다. 정렬 층들(105, 106)은 전도성 층들(103, 104)의 내부 표면에 각각 제공될 수 있다(즉, LC 재료(107)에 인접함). 정렬 층들(105 및 106)은 기관들 사이에 배치된 액정 재료의 배향 제어를 돕기 위해 제공될 수 있다. 비제한적인 예로, 정렬 층은 폴리이미드를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 표면 근처에서 LC 재료 또는 혼합물을 배향시키는 것을 돕기 위해 당업계에 공지된 바와 같이 정렬 층이 러빙될 수 있다(rubbed). 일부 실시예에서, 셀의 정렬 층들 모두 러빙된다. 일부 실시예에서, 셀은 단 하나의 정렬 층 또는 단 하나의 러빙된 정렬 층을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서(미도시), 패시베이션 층은 선택적으로 투명 전도성 층 위에 제공될 수 있다. 패시베이션 층은 예를 들어 비전도성 산화물, 졸-겔, 중합체 또는 복합물을 포함할 수 있다. 일부 경우에, 패시베이션 층은 투명 전도성 층과 정렬 층 사이에 개재될 수 있다. 일부 경우에, 정렬 층이 패시베이션 층의 역할을 할 수 있다. 전압 드라이버(108)는 전극 연결부(110, 111)를 통해 각각의 전도성 층(103, 104)에 연결되고, 셀 전체에 구동 신호를 인가하도록 구성된다. 구동 신호는 전극 연결부로부터 멀리 연장되는 구배 방향 D으로 투명 전도성 층을 따라 전압 구배를 설정하도록 선택될 수 있다. 전극 연결부들(110, 111)은 집합적으로 전극 연결부 세트로서 지칭될 수 있다. 셀(100)은 셀 내부에 액정 재료를 함유하는 경계 밀봉(border seal)(112 및 113)을 더 포함한다. 기관들 사이에 배치된 LC 재료의 두께는 셀 갭(cell gap)으로 지칭될 수 있다. 특정 갭을 유지하기 위해 유리 또는 플라스틱 비드 또는 막대와 같은 선택적인 스페이서(미도시)가 기관들 사이에 삽입될 수 있다.
- [0037] 일부 실시예에서, 셀은 게스트-호스트 LC-염료 혼합물(즉, 콜레스테릭(cholesteric) 액정 호스트와 염료 재료의 혼합물)을 사용하여 LC 호스트 및 염료 분자의 배향에 응답하여 공간적으로 가변적인 흡수/색조를 부여할 수 있다. 그러나 원하는 광학 속성 또는 효과를 달성하기 위해 많은 다른 LC 조성/구성이 사용될 수 있으며, 그 중 일부는 염료 재료를 사용하지 않을 수 있음을 이해한다. 유용한 재료 및 컴포넌트들의 일부 비제한적인 예가 아래에 설명되어 있다.
- [0038] LC 재료 또는 호스트
- [0039] 일부 실시예에서, LC 재료 또는 호스트는 포지티브 또는 네거티브 유전체 이방성을 가질 수 있고 네마틱, 스멕틱, 콜레스테릭, 트위스트, STN 또는 다른 LC 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, LC 재료는 네거티브 유전체 이방성("네거티브 CLC") 또는 포지티브 유전체 이방성("포지티브 CLC")을 가질 수 있는 키랄 네마틱 또는 콜레스테릭 액정 재료(집합적으로 "CLC")를 포함한다. CLC의 일부 실시예에서, 액정 재료는 콜레스테릭이거나 키랄 도펀트와 결합된 네마틱 액정을 포함한다. CLC 재료는 뒤틀린 또는 나선형 구조를 갖는다. 트위스트의 주기성(periodicity)은 "피치(pitch)"라고 지칭된다. LC 재료의 배향 또는 순서는 전기장의 인가 시 변경될 수 있으며, 염료 재료와 조합하여 셀의 광학 속성을 제어하거나 부분적으로 제어하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, LC 재료는 그것의 키랄성, 즉 오른쪽(right-handed) 키랄성 또는 왼쪽(left-handed) 키랄성을 더 특징으로 할 수 있다.
- [0040] 매우 다양한 LC 재료들이 이용가능하고 본 발명의 다양한 실시예에서 잠재적인 유용성을 갖는다.
- [0041] 염료 재료
- [0042] 광학 구배가 광 흡수를 포함하는 일부 실시예에서, LC 혼합물은 염료 재료를 포함할 수 있다. 염료 재료는 일반적으로 적어도 하나의 이색성(DC) 염료 또는 DC 염료들의 혼합물을 포함한다. 일부 경우에, 염료 재료는 광 흡수성이 햇빛과 같은 UV 광에 노출됨으로써 활성화될 수 있는 광변색-이색성(PCDC) 염료를 선택적으로 더 포함할

수 있다. 일부 실시예에서, 염료 재료는 예를 들어 투명한 상태에서 원하는 전체 색상을 디바이스에 제공하기 위해 소량의 통상적인 흡수성 염료를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 염료 재료는 실질적으로 오직 DC 염료만을 포함한다. 염료 재료는 협대역 흡수 또는 광대역 흡수를 제공할 수 있다. LC 셀에 부여된 색조는 컬러를 가질 수 있거나 중성 색상(neutral hue)일 수 있다.

[0043] DC 염료

[0044] 이색성 염료는 일반적으로 긴 분자 형상을 가지며 이방성 흡수를 나타낸다. 일반적으로 흡수는 분자의 긴 축을 따라 더 높으며 이러한 염료는 "포지티브 염료" 또는 포지티브 이색성을 나타내는 염료로 지칭될 수 있다. 포지티브 DC 염료가 일반적으로 본 명세서에서 사용된다. 그러나 경우에 따라 네거티브 이색성을 나타내는 네거티브 DC 염료가 대신 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, DC 염료는(CLC 호스트에서 측정된 바와 같음) 적어도 5.0, 대안적으로 적어도 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 또는 20의 이색성 비율을 가질 수 있다.

[0045] DC 염료에 의한 가시 광 흡수의 레벨은 염료 유형 및 LC 호스트의 함수일 수 있다. LC의 배향 또는 긴-범위 순서는 셀 두께에 걸친 전기장 또는 전압의 함수일 수 있다. DC 염료는 LC 호스트(예를 들어, CLC 호스트)와 약간의 정렬을 나타내어 전압의 인가가 세포의 겉보기 어둠(apparent darkness)을 변경하는 데 사용될 수 있다.

[0046] 일부 실시예에서, DC 염료는 작은 분자 유형의 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, DC 염료는 올리고머 또는 중합체 재료를 포함할 수 있다. 광 흡수를 담당하는 화학 모이어티(moiety)는 예를 들어 메인 사슬의 펜던트 그룹일 수 있다. 예를 들어, 광 흡수 엔벨로프(envelope)를 튜닝하거나 수명 또는 일부 다른 속성과 관련하여 전체 셀 성능을 개선하기 위해 다중 DC 염료들이 선택적으로 사용될 수 있다. DC 염료는 용해도 또는 LC 호스트와의 혼화성을 개선할 수 있는 작용기(functional group)를 포함할 수 있다. DC 염료의 일부 비제한적 예는 아조 염료, 예를 들어 2 내지 10개의 아조기들, 또는 대안적으로 2 내지 6개의 아조기들을 갖는 아조 염료를 포함할 수 있다. 안트라퀴논 및 페릴렌 염료와 같은 다른 DC 염료가 당업계에 공지되어 있다. 일반적으로 이색성 속성을 갖는 임의의 분자가 사용될 수 있다.

[0047] 기타 셀 피쳐

[0048] 기관

[0049] 기관은 독립적으로 선택될 수 있으며 플라스틱, 유리, 세라믹 또는 일부 다른 재료를 포함할 수 있다. 재료 및 그 특정 속성의 선택은 부분적으로 의도된 애플리케이션에 따라 다르다. 많은 애플리케이션들에서, 지지부는 적어도 부분적으로 가시 광을 투과해야 한다. 일부 실시예에서 지지부는 400nm와 700nm 사이의 파장을 갖는 가시 방사에 대해 45%보다 높은 투과율, 대안적으로 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 또는 95%보다 높은 투과율을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 지지부는 사람이나 센서가 LC 셀을 통해 명확하게 볼 수 있도록 높은 광학적 투명도를 가질 수 있다. 일부 실시예에서 지지부는 선택적으로 일부 컬러 또는 색조를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 지지부는 셀의 외부에 광학 코팅을 가질 수 있다. 지지부는 유연하거나 강성일 수 있다.

[0050] 일부 비제한적인 예로서, 플라스틱 지지부는 폴리카보네이트(PC), 폴리카보네이트 및 공중합체 블렌드, 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 셀룰로오스 트리아세테이트(TAC), 폴리아미드, p-니트로페닐 부티레이트(PNB), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리아릴레이트(PAR), 폴리아세트산비닐, 고리형 올레핀 중합체(COP) 또는 당업계에 공지된 다른 유사한 플라스틱을 포함할 수 있다. 유연한 유리는 Corning® Willow® Glass 등과 같은 재료를 포함한다. 지지부는 여러 재료들을 포함하거나 다중 층 구조를 가질 수 있다.

[0051] 일부 실시예에서, 지지부의 두께는 10 내지 20  $\mu\text{m}$ , 20 내지 30  $\mu\text{m}$ , 30 내지 40  $\mu\text{m}$ , 40 내지 50  $\mu\text{m}$ , 50 내지 75  $\mu\text{m}$ , 75 내지 100  $\mu\text{m}$ , 100 내지 150  $\mu\text{m}$ , 150 내지 200  $\mu\text{m}$ , 200 내지 250  $\mu\text{m}$ , 250 내지 300  $\mu\text{m}$ , 300 내지 350  $\mu\text{m}$ , 350 내지 400  $\mu\text{m}$ , 400 내지 450  $\mu\text{m}$ , 450 내지 500  $\mu\text{m}$ , 500 내지 600  $\mu\text{m}$ , 600 내지 800  $\mu\text{m}$ , 800 내지 1000  $\mu\text{m}$  범위 또는 1mm 초과 또는 이들 범위의 임의의 조합일 수 있다.

[0052] 투명 전도 층

[0053] "투명" 전도 층이란 전도 층이 입사 가시 광의 45% 이상을 통과시킬 수 있음을 의미한다. 투명 전도 층은 가시

광의 일부를 흡수하거나 반사할 수 있으며 여전히 유용하다. 일부 실시예에서, 투명 전도 층은 ITO 또는 AZO를 포함하지만 이에 제한되지 않는 투명 전도 산화물(TCO)을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 투명 전도 층은 PEDOT:PSS, 폴리(피롤), 폴리아닐린, 폴리페닐렌 또는 폴리(아세틸렌)를 포함하지만 이에 제한되지 않는 전도성 중합체를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 투명 전도 층은 예를 들어 은, 구리, 알루미늄 또는 금으로 형성된 금속 또는 금속 나노와이어의 부분적으로 투명한 얇은 층을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 투명 전도 층은 그래핀을 포함할 수 있다.

[0054] 일부 실시예에서, 전극 연결부들(110, 111) 및/또는 전압 드라이버와 투명 전도성 층들 사이의 배선(wiring)은 투명 전도성 층보다 높은 전기 전도성을 갖는 전기 전도성 재료로 형성될 수 있다. 전극 연결부들은 금속, 합금, 전도성 탄소, 그래핀 또는 전도성 금속 산화물을 포함할 수 있다. 일부 경우에, 전극 연결부가 광학적으로 투명할 필요가 없다.

[0055] 일부 실시예에서, 전극 연결부들(110 및 111)은 서로 근접하게, 즉 디바이스 내에서 거의 동일한 위치에 위치할 수 있다. 단면에서, 예를 들어, 하나의 전극 연결부(예를 들어, 111)는 다른 전극 연결부(예를 들어, 110) 위에 대략적인 정렬로 나타날 수 있다. 전극 연결부들은 (도 5에 도시된 바와 같이) 디바이스 에지 또는 그 근처에, 또는 대안적으로 디바이스 코너 또는 그 근처에, 또는 디바이스 중심 또는 그 근처에 함께 위치할 수 있다. 일부 경우에, 투명 전극은 최대 선형 치수(길이, 대각선, 직경 등)를 특징으로 할 수 있고 전극 연결부들의 두 극성(존재하는 경우) 사이의 측방향 거리는 최대 선형 치수의 약 20% 이내, 대안적으로 15%, 10%, 5% 또는 2% 이내일 수 있다.

[0056] 일부 경우에, 전극 연결부들(110, 111)은 버스 바(bus bar)로서 작용할 수 있고 투명 전도성 층의 한 에지를 따라(예를 들어, 도 5의 페이지에 대해 직교 방향으로) 연장될 수 있다. 일부 실시예에서, 전극 연결부들(110, 111)은 디바이스에 따라 작은 스팟(포인트 연결부)이거나 일부 다른 형상 또는 크기를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 전극 연결부들(110, 111)은 각각 일련의 개별 포인트 또는 스팟 연결부들을 나타낼 수 있다.

[0057] 도 6(A1) 및 (B1)은 오프(OFF) 상태에서 최대 투명도를 갖는 LC 셀의 비제한적 예의 정면도이고(A1), 온(ON) 상태에서 Y 축(도면에서 D 방향)을 따른 구배 색조(B1)이다. 이 예에서, 전극 연결부(110/111)는 전극 버스이고 셀의 한 에지에 전압을 인가한다. 전압이 인가되지 않은 경우, 전도 층들(103 및 104)에 발송되는 구동 신호가 없고(도면에 도시되지 않음); 액정 재료 또는 혼합물(107)은 투명하고 최대 광 투과율을 갖는다. 이 예에서 셀은 네거티브 이방성 LC를 함유하고, 따라서 V=1 또는 V=최대일 때, LC 분자는 균질 또는 평면 배향을 가정한다((C1)에서 영역(120)으로 예시됨). V=0일 때, 액정 분자는 호메오트로픽(homeotropic) 배향을 갖고((C1)에서 영역(122)으로 예시됨); 및 V가 V=0과 V=최대 사이일 때, LC 분자는 평면 배향과 수직 배향 사이에서 다양한 배향을 가정한다(영역(121)으로 예시됨).

[0058] 전극 연결부(110/111)로부터 셀(100)로 구동 신호가 인가되면, 액정 분자는 전압에 따라 재배향된다. 구동 신호는 D를 따라 전압 구배를 설정하도록 인가될 수 있으며, 여기서 D는 기관 상의 주어진 스팟과 전극 연결부(110/111) 사이의 거리이다. 전극 연결부(110/111)에 가장 가까운 영역은 가장 강한 구동 신호(V=최대)를 가지며, 그 결과 디바이스는 (그 전압에 대해) 최대 광 흡수를 나타낸다. 따라서 셀의 이 부분은 전체 구배에서 가장 어두운 색조를 나타낸다. 예시를 위해 도 6(B1)을 참조한다. 두 투명 전도성 층들 사이의 LC 혼합물에 걸쳐 적용된 전압은 D를 따라 침투함에 따라 감소하고, 결과적으로 액정은 점진적으로 호메오트로픽이 되고 D가 증가함에 따라 광을 덜 흡수하게 된다. 그 결과 기관이 최대 광 투과율에 도달할 때까지 D가 증가함에 따라 셀의 색조가 점진적으로 밝아진다. 도 6(C1)은 도 6(B1)에 대한 액정의 분자 배향과 색조의 어두움 사이의 관계를 보여주는 개략도이다. 도 6(A2) 및 (B2)는 각각 도 6(A1) 및 (B1)에 대응하며 전압 구배를 따라 T% 및 거리(D)의 대응하는 변경을 보여준다. 인가 전압 V와 방향자 배향각  $\theta$  사이의 관계는 도 6(C2)에 도시되어 있다.

[0059] 일부 실시예에서(여기서 도시되지 않음), LC 재료는 포지티브 이방성을 가질 수 있다. 그러한 경우에, LC 셀은 V=0에서 어두워지거나 착색된 상태에 있을 수 있고 적절한 전압의 인가에 따라 투명한 상태로 변환될 수 있다. 즉, 포지티브 이방성 LC 재료를 사용할 때 임의의 경우에서, 구배 웨이딩이 도 6(B1)에 도시된 것과 반대일 수 있다.

[0060] 구동 신호를 변경함으로써 구배에서 색조의 어두움 레벨과 전체 길이가 조정될 수 있다. 전극 연결부(110/111)는 도면에 나타내지 않았지만, 그러나 이 비제한적 예에서 네거티브 이방성 LC를 사용하는 경우 전극 연결부는 각 셀의 상단 경계에 위치한다는 것을 이해해야 한다. 도 7에 도시된 예에서, 구동 신호는 다음과 같은 셀의 색조의 두 가지 양태들을 제어한다: 영역들(123, 124, 125)으로 예시된 색조의 길이; 및 영역들(120 및 126)으로

예시된 구배의 가장 어두운 색조. 셀의 색조의 길이, 예를 들어 123, 124, 125는 인가된 주파수로 제어될 수 있다. 주파수가 높으면 색조 영역이 작아지고 주파수가 낮으면 색조 영역이 넓어진다. 예를 들어 도 7(B) 내지 (D)에서, 적용된 주파수  $f_1$ 는  $f_2$ 보다 낮고  $f_3$ 보다 낮기 때문에 (B)에서 가장 긴 색조 길이(123)가 되고, (C)에서 더 짧은 124가 되며 ; 및 (D)에서 가장 짧은 영역(125)이 된다. 구배의 가장 어두운 색조, 즉 셀에 구동 신호가 인가되는 가장 가까운 단부의 어두움(흡수도) 레벨은 (D)에서 120 및 (E)에서 126을 참조하면 인가된 전압에 의해 제어되며 전압이 높을수록 더 어두운 색조가 된다. 예를 들어, 도 8(D) 내지 (E)에서 둘 모두에 대한 인가 주파수는  $f_3$ 이지만 인가 전압  $V_1$ 는  $V_2$ 보다 높다. 결과적으로 (D)와 (E) 모두 동일한 길이의 색조를 갖지만 (E)보다 높은 인가 전압을 갖는 (D)에서 두 구배들의 더 어두운 색조가 120으로 발생한다. 구동 신호의 다양한 양태들(예를 들어, 주파수, 전압, 파형, 전압이 적용되는 위치)을 변경함으로써 LC 디바이스를 "튜닝"하여 원하는 가변 구배 효과를 얻을 수 있다는 점에 유의해야 한다. 색조는 원하는 대로 컬러 색조 또는 중성 회색/갈색 색조를 나타낼 수 있다.

[0061] 구동 신호를 변경하여 액정 셀의 길이와 어두움/색조가 변경될 수 있기 때문에, 여러 공간 가변 셀들을 함께 조합하여 여러 공간 가변 영역들을 달성할 수 있다. 이러한 유형의 디바이스에서, 각각의 개별 공간 가변 셀에는 자체 구동 신호(개별적으로 어드레싱 가능)가 공급될 수 있다. 다양하게 조합된 공간 가변 셀들을 갖는 최종 디바이스는 각 개별 공간 가변 셀의 배향 및 위치, 각 구동 신호 내의 인가 전압 및 주파수에 따라 다양한 색조 패턴 조합들을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 도 8a에서, 서로 인접한 수평으로 배치된 4개의 셀들(130-133)이 있고, 구동 신호들은 전극 연결부 세트들(140-143)을 통해 셀의 좌측으로부터 기관에 인가된다.

[0062] 각 개별 셀들의 다른 가능한 배치들이 존재한다. 예를 들어, 도 8b에서, 4개의 개별적으로 어드레싱 가능한 셀들(134-137)이 수직으로 배치되며, 각각의 개별 셀은 다른 길이의 색조를 나타낸다. 이 예에서, 구동 신호는 셀의 상이한 단부들로부터 들어올 수 있다. 예를 들어, 셀(135)은 셀의 바닥에 그의 전극 연결부 세트(145)를 갖고, 두 셀들(134, 136)은 셀의 상단에 그들의 전극 연결부 세트들(144, 146)을 갖는다. 셀(137)은 투명한 상태로 도시되어 있고 상단 또는 하단에서 그의 전극 연결부 세트를 가질 수 있다. 대안적으로, 도 8c에서, 필요에 따라 다양한 특성을 달성하기 위해 색조 구배를 향상시키기 위해 개별적으로 어드레싱 가능한 다중 셀들이 사용된다(예를 들어, 하나의 공간 가변 셀이 원하는 색조의 % 변경을 달성할 수 없는 경우, 원하는 효과를 달성하기 위해 둘 이상의 공간 가변 또는 스위칭 가능한 셀들을 조합할 수 있다). 또한, 도 8c는 4개의 수평으로 배치된 공간 가변 셀들(168-171)이 함께 연속적인 색조 구배를 형성하는 방법을 예시한다. 이 예에서, 전극 연결부 세트들(148-151)은 각 셀의 더 긴 경계(이 도면에서 수평 경계로 나타냄)에 있다. 특히, 전극 연결부 세트(148)는 LC 셀(168)의 일부이고, 전극 연결부 세트(149)는 LC 셀(169)의 일부이고, 전극 연결부 세트(150)는 LC 셀(170)의 일부이고, 전극 연결부 세트(151)는 LC 셀(171)의 일부이다. 도 8c의 각 셀에 대한 구배 방향은 각 셀에 대한 하향 수직 방향이다. 셀(168)의 더 밝은 단부(그의 전극 연결부 세트에서 원위)는 셀(169)의 더 어두운 단부(전극 연결부 세트에 인접)와 거의 동일한 색조를 가질 수 있으며, 유사하게, 셀(139)의 더 밝은 단부는 셀(140)의 더 어두운 단부와 대략 동일한 색조를 가질 수 있다. 각 셀에는 색조 구배가 있을 수 있으며 셀들은 나란히 조합되어 보다 극적인(더 큰 범위) 색조 변경을 달성한다.

[0063] 기관들 및 셀들의 각각의 층은 예시된 직사각형 이외의 형상을 가질 수 있다. 도 9는 원형 셀의 계단식 절취도다. 셀(100)과 유사하게, 이 원형 셀(300)은 한 쌍의 대향 기관들(301, 302) 사이에 개재된 액정 재료 또는 혼합물(307)을 포함한다. 투명 전도성 또는 전극 층들(303, 304)은 각각의 기관(301, 302)의 내부 표면에 배치된다. 전도성 층들(303, 304)의 내부 표면에는 각각 정렬 층들(305, 306)이 제공될 수 있다. 구동 신호 소스(308)는 전극 연결부(310, 311)를 통해 각각의 전도성 층(303, 304)과 연결된다. 각 층의 가능한 재료 조성은 셀(100)의 조성을 따른다.

[0064] 일부 실시예에서, 원형 셀(300)은 원형 전도성 층들(303 및 304)의 외부 경계(주변)를 둘러싸는 원형 전극 연결부들(310 및 311)을 갖는다. 이 원형 구성에서, 구동 신호는 주변에서 가장 강하고 원형 셀의 중심으로 이동함에 따라 감소된다. 네거티브 이방성 LC 재료를 사용하는 LC 게스트-호스트 혼합물의 경우, 이렇게 하면 가장 어두운 색조(가장 높은 광 흡수)를 갖는 원형 셀의 둘레와 가장 밝은 색조(가장 낮은 광 흡수)를 갖는 원형 셀의 중심과 함께 방사형 구배 색조가 생성된다. 셀에 의해 나타나는 방사형 색조의 예시는 도 10a를 참조한다. 도 10b는  $T\%$ 와  $r$  사이의 관계를 예시하며, 여기서  $r$ 은 원의 반지름이다. 도 10c는  $r$ 과 전압  $V$  사이의 관계를 예시한다.

[0065] 유사하게, 원형 셀(300)의 방사형 색조는 셀에 인가되는 구동 신호를 조정함으로써 튜닝될 수 있다. 예를 들어, 도 11에서, 세 가지 예시들 (A) 내지 (C) 모두는 동일한 인가 전압  $V_1$ 을 갖지만 상이한 주파수들  $f_1$ ,  $f_2$  및  $f_3$ 을

갖는다. 전압이나 적용 주파수가 다르면 전체 커버리지 영역 및/또는 색조 레벨이 달라진다. 예를 들어 도 11에서  $f_1$ 은  $f_2$ 보다 높고  $f_3$ 보다 높다. 이 제어 가능한 방사형 구배 색조는 홍채 또는 카메라 서터의 것과 유사하며 광학 디바이스를 통해 투과되는 광의 양은 구동 신호에 의해 제어된다.

[0066] 또한 전극 연결부를 원형 셀의 중심 또는 중심에 가깝게 배치하고 상이한 LC-염료 구성을 사용함으로써 이러한 홍채 효과가 얻어질 수 있다. 예를 들어, 하나의 구성은 전압이 인가되지 않을 때 어둡거나 착색되고 전압이 인가되면 투명해지는 구조이다. 이 경우, 전압이 가장 높은 홍채의 중심은 최대 투명도를 가지다가 에지나 주변으로 갈수록 전압이 낮아짐에 따라 점진적으로 색조화된다.

[0067] 예를 들어 방사형 구배 색조의 방향이 또한 역전될 수 있고, 여기서 원형의 LC 셀의 중심은 가장 어두운 색조를 가질 수 있으며 방향이 원형의 중심에서 주변 경계로 이동함에 따라 색조가 점진적으로 페이딩된다. 이러한 "역전된" 색조 방향은 예를 들어 상이한 유형의 LC 재료(예를 들어, 포지티브 이방성 LC 재료)를 사용함으로써 달성될 수 있고, 여기서 LC 게스트-호스트 혼합물은 전압이 인가되지 않을 때 최대 광 흡수 능력을 가지며 전압이 인가될 때 투명해진다. 이러한 "역전된" 색조 방향은 또한 셀의 주변이 아닌 각 투명 전극층의 중심 부분에 전극 연결부를 배치함으로써 달성될 수 있다. 따라서 이러한 상황에서, LC 셀의 중심 부분은 가장 높은 전압을 가지며, 이에 따라 LC 재료는 가장 강한 광학 응답을 나타내고 구배 방향을 따라 점진적으로 감소한다. 이러한 "역전된" 구배 방향 접근법은 다른 형상의 LC 셀에도 적용된다는 점에 유의해야 한다. 예를 들어, "역전된" 구배 설정에서 직사각형의 LC 셀은 전극 연결부에 가장 가까운 영역에서 가장 적은 광 흡수를 가질 수 있으며 신호가 구배 방향을 따라 이동함에 따라 색조가 점진적으로 어두워진다.

[0068] 동일한 원리가 적용될 수 있는 다양한 형상(예를 들어, 타원, 삼각형, 직사각형 등)이 본 명세서에서 또한 고려된다.

[0069] 진술한 실시예는 광학 응답들 중 하나, 즉 액정 셀의 광 흡수도의 변화에 초점을 맞추지만 다른 광학 응답이 또한 동일한 방식으로 변화될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예는 이전 실시예에서의 공간 가변 구배 색조 대신에 또는 추가로 광학 디바이스의 튜닝 가능한 굴절(또는 적응형 초점) 능력을 달성할 수 있다.

[0070] 적응형 초점 렌즈는 외부 자극을 적용하여 초점 거리를 튜닝할 수 있는 디바이스다. 기존 렌즈는 충돌 파면 (impinging wavefront)을 수정하기 위해 (a) 렌즈 재료의 굴절률과 주변 환경 간의 차이 및 (b) 인터페이스의 곡률이라는 두 가지 물리적 파라미터에 의존한다. (Algorri, J. F., Zografopoulos, D. C., Urruchi, V. & Sanchez-Pena, J. M. 최근 적응형 액정 렌즈의 발전. 크리스탈스 9(5), 272 (2019)).

[0071] 관계의 공식은 다음과 같다:

[0072] 
$$\Delta(\text{광학 경로 길이}) = \Delta(nl)$$

[0073] 여기서  $n$  = 굴절률이고,  $l$  은 길이(또는 두께)이다.

[0074] 일반적인 렌즈에서  $n$  은 상수이며  $l$  은 변수이다.

[0075] 도 12는 (A) 이중 볼록 렌즈와 (B) 이중 오목 렌즈의 개략도이다. 예를 들어 이중 볼록 렌즈를 사용하면 렌즈가 만들어지는 재료의 유형이  $n$ 을 결정한다. 각각의 경우에, 광학 경로 길이가 방사형으로 변하기 때문에 렌징 (lensing)이 관찰된다. 위의 방정식에 따르면,  $n$ 이 일정할 때 광학 경로 길이를 변경하는 한 가지 방법은 기존 렌즈에서와 같이 렌즈의 두께를 방사형으로 변경하는 것이다. 대안적으로, 렌즈의 두께를 일정하게 유지하고 광학 경로 렌즈를 변경하기 위해  $n$ 의 방사형 변경이 부과될 수 있다. 이러한  $n$ 의 변경은 LC 분자 배향을 변경함으로써 LC 광학 디바이스에서 달성될 수 있다.

[0076] 적응형 초점 렌즈는 렌즈 재료의 굴절률이나 그의 인터페이스의 곡률을 변경하는 디바이스를 기반으로 한다. 굴절률 제어 LC 렌즈를 포함하여 적응형 초점 렌즈 개발을 위한 몇 가지 기술이 제안되었다.

[0077] 적응형 초점 렌즈는 굴절률의 점진적 변화를 기반으로 한다. 광이 비균질 매질을 통과할 때, 파면의 속도는 광학적으로 밀도가 높은 영역에서는 감소하고 밀도가 낮은 영역에서는 가속된다. 이 메커니즘을 기반으로, GRIN(GRadex INdex) 렌즈로 알려진 디바이스와 같이 그의 굴절률의 공간 구배가 있는 재료를 사용하여 곡률이 없는 렌즈가 제조된다. 이와 관련하여 전기적으로 초점 거리를 제어할 수 있는 LC 렌즈를 기반으로 한 수많은 접근법들이 입증되었다. LC 렌즈에 대해 제안된 많은 토폴로지들은 LC 층에서 파라볼릭 굴절률 구배를 재현할

수 있는 렌즈 전체에 점진적인 전압을 생성하여 기존 렌즈의 광학적 거동을 모방하는 것을 기반으로 한다. 특히 흥미로운 것은 LC 렌즈가 낮은 구동 전압과 낮은 전력 소비로 달성하는 가변 초점 거리가 필요한 애플리케이션이다.

- [0078] 굴절률 구배를 생성하는 한 가지 접근법은 다중 전극 구성을 형성하기 위해 구조에 패턴화된 인듐 주석 산화물(ITO)을 갖는 설계를 사용하는 것이며, 각 전극은 개별의 커넥터들과 구동 신호들을 필요로 한다. 도 13a 내지 c를 참조한다. 그러나 이 접근법에는 제조 및 운영의 복잡성을 포함하여 여러 가지 문제가 있다.
- [0079] 본 명세서에 기술된 다양한 실시예들은 패턴화된 또는 다중 전극 구성에 대한 필요성을 제거하고 대신 단 하나 또는 감소된 수의 전극 연결부 세트들을 사용함으로써 이러한 어려움들 중 일부를 극복한다. 도 14a는 일부 실시예에 따른 공간 가변 굴절률 디바이스의 비제한적 예의 단면 개략도이다. LC 셀(400)은 선택적으로 반경 R을 갖는 원형 디바이스일 수 있다. 일부 경우에, LC 셀(400)은 광학 렌즈로서 동작할 수 있다. LC 셀(400)은 한 쌍의 대향 기관들(401, 402) 사이에 개재된 액정 재료 또는 혼합물(407)을 포함한다. 투명 전도성 층들(403, 404)은 각각의 기관(401, 402)의 내부 표면 상에 각각 배치된다. 정렬 층들(405, 406)은 전도성 층들(403, 404)의 내부 표면에 각각 제공될 수 있다(즉, LC 재료(407)에 인접함). LC 셀(400)은 경계 밀봉(412, 413)을 더 포함할 수 있다. 구동 신호 소스(408)는 각각 전극 연결부(410, 411)를 통해 각각의 전도성 층(403, 404)에 연결된다. 일부 실시예에서, 전극 연결부들(410, 411)은 (도시된 바와 같이) 디바이스의 중심 또는 그 근처에 제공될 수 있다. 일부 경우에, 전극 연결부들(410, 411)은 기관을 통해 연장되는 전기 전도성 비아(via)들일 수 있다. 다른 실시예에서(도시되지 않음), 전극 연결부는 디바이스의 원하는 동작에 따라 투명 전도성 층들의 주변 또는 일부 다른 구성에 제공될 수 있다. LC 셀(400)의 다양한 컴포넌트들 및 재료는 도 5와 관련하여 기술한 바와 같을 수 있다.
- [0080] 일부 실시예에서, LC 셀에 전압이 인가되지 않을 때, LC 재료는 디바이스에 수직인 방향(도 14a에서 수직 방향)에서 측정된 바와 같이  $n_c$ ( $c$ 는 원형 렌즈의 중심을 나타냄)의 굴절률을 나타낸다. 구동 신호를 인가하면, LC 분자는 회전하기 시작하고 전압의 강도에 따라 일련의 상이한 방향자 회전 각도를 나타내며 결과적으로 방향 R을 따라 상이한 굴절률( $n_r$ 이라고 함)을 나타낸다. LC 재료의 속성에 따라 임계 전압( $V_{th}$ )이 있을 수도 있고 없을 수도 있다. 이러한 임계 전압이 존재하면, 인가 전압이 존재하더라도, 인가 전압이  $V_{th}$ 를 초과할 때까지 LC 방향자가 회전을 시작하지 않는다. 유사하게, LC 방향자가 전기장에 평행하게 정렬되는 인가 전압의 상한  $V_u$ 이 존재할 수 존재할 수 있다. 이러한 상황에서 인가 전압을 더 높여도 LC 방향자는 더 이상 회전하지 않는다. 인가 전압이  $V_{th}$ 와  $V_u$  사이에 있을 때 LC 방향자들은 상이한 회전 각도들을 나타낸다. LC 분자의 이러한 피쳐는 LC 셀 내에서 변화된 굴절률을 갖는 LC 층을 형성하는 데 사용될 수 있다. 중심으로부터의 거리  $r$ 의 함수로서 굴절률  $n$ 을 예시하는 도 14b의 그래프를 참조한다.
- [0081] 예를 들어, 구동 신호가 구배 방향 R을 따라 구배 전압을 형성하고 구배의 가장 높은 전압이  $V_u$  위에 있다고 가정하면 이 전압 아래 영역은 전기장에 평행한 LC 방향자를 갖게 된다. 구배 방향 R을 따라 전압이 점진적으로 감소함에 따라 LC 방향자는 연속적으로 변화되는 회전 각도를 나타내며, 이는 구배를 따라 지속적으로 변화하는 굴절률을 초래한다. 구배의 단부 포인트는  $V_{th}$  미만일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.
- [0082] 전극 연결부가 주변에 있고 LC 구성이 주변에서 중심을 향한 바람직한 LC 분자 배향을 허용하도록 선택되는 렌즈를 포함하는 다른 구성도 본 명세서에서 고려된다. 또한, 도 14a의 기관들이 플랫폼한 것으로 도시되어 있지만, 하나 또는 둘 모두 만곡될 수 있다. 일부 실시예에서, 공간 가변 굴절률 디바이스는 가변 초점 렌즈를 제공하기 위해 다른 광학 디바이스, 예를 들어 렌즈 위에 적층될 수 있다.
- [0083] 일부 실시예에서, 비아 연결을 사용하는 대신에, 투명 전도성 층의 일부 제한된 패터닝 단계를 사용하여 투명 전도성 층의 중심에 대한 연결이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 기관(501) 및 패턴화된 투명 전도성 층(503)의 평면도가 도 15에 도시되어 있다. 좁은 전도성 라인(523)은 (양 측의 투명 전도성 층으로부터 전기적으로) 투명 전도성 층과 거의 동일한 평면에서 기관 예지로부터 기관 중심으로 연장되어 제공될 수 있다. 좁은 전도성 라인이 투명 전도성 층의 메인 섹션과 만나는 중심 또는 그 부근의 포인트 또는 영역은 전극 연결부(511)로 지칭될 수 있다. 좁은 전도성 라인은 투명 전도성 층과 동일한 재료 또는 일부 다른 전기 전도성 재료로 만들어질 수 있다. 일부 실시예에서, 하나의 기관의 좁은 전도성 라인은 다른 기관의 좁은 전도성 라인에 대해 다른 방향 또는 대향 방향으로 연장할 수 있다.
- [0084] 일부 실시예에서, 투명 전도성 층은 원하는 전압/광학 응답 구배를 형성하는 것을 돕기 위한 패턴을 가질 수 있

다. 비제한적인 예에서, 투명 전도성 층들은 각각 형상의 일 단부에 전극 연결부를 갖는 나선 형상 또는 구불구불한 형상으로 패턴화될 수 있다.

[0085] 일부 실시예에서, 투명 전도성 층들 각각은, 균일한 광학 응답 특성이 필요한 경우 구배를 수정하거나 심지어 제거하기 위해 활성화될 수 있는, 예를 들어 제1 전극 연결부에 대해 투명 전도성 층의 대향 단부에 개별적으로 어드레싱 가능한 제2 전극 연결부를 가질 수 있다.

[0086] 구동 신호

[0087] 특정 구배를 달성하는 데 사용되는 특정 구동 신호는 몇 가지 예를 들자면 LC 재료, 셀 갭, 투명 전도성 층 저항률, 디바이스의 크기와 전극 연결부의 지오메트리를 포함하되 이에 제한되지 않는 많은 인자들에 크게 의존한다. 따라서 디바이스에 따라 유용할 수 있는 광범위한 전압, 주파수, 지속시간 및 파형이 존재한다. 일반적으로 커패시터의 충전은 시스템의 RC 상수로 특징지어진다. 이 접근법에서는, 구동 신호 지속시간이 RC 상수보다 몇 배 더 길면 완전 충전이 이루어진다. 그러나 이 모델에서는, 전도체가 일반적으로 구리, 알루미늄, 금 등과 같은 저항률이 낮은 재료로 만들어지기 때문에 커패시터가 모든 곳에서 균등하게 충전된다고 가정한다. 그러나 액정 셀에서 전도체는 식별할 수 있는(discernible) 저항을 가지고 있다. 이로 인해 액정 셀의 ITO에서 전압 강하가 발생하여 LC에 표시되는 전압이 감소한다. 연결부들이 동일한 부근에 있는 경우, 이 전압 강하는 연결부 영역에서 떨어진 함수로 발생한다. 또한, 인가된 파형이 사실상 진동하는 경우, 연결부 영역에서 떨어진 전압의 프로파일은 주파수에 따라 달라진다. 따라서 충분히 높은 주파수 파형을 인가함으로써, 연결부에서 멀어지는 파형의 최대 전압 침투가 제어될 수 있다. 파형의 원래 진폭이  $V_{th}$ 보다 높으면, LC에서 전환이 이루어질 수 있다. 아래에서 위의 파라미터를 사용하여 구배 효과를 얻을 수 있는 방법에 대한 비제한적인 예를 제시한다.

[0088] 예시 1

[0089] 다음 프로토콜에 따라 커튼형 가변 투과, 셀이 제조되었다. 0.7mm 두께의 ITO 코팅 유리 기판을 사용하여 테스트 셀이 제작되었다. ITO의 상단에, 폴리이미드의 코팅, Nissan SE1211(Nissan Chemical Industries, Ltd., 도쿄, 일본)을 스핀 코팅으로 도포한 다음 100° C에서 2시간 동안 베이킹하였다. 이 폴리이미드 코팅은 액정 분자의 실질적인 수직 표면 정렬을 유도하도록 설계된 정렬 층 역할을 하였다. 다음으로, 직경 6미크론의 Shinshikyū EW 플라스틱 구체(Hiko Industrial Ltd, 홍콩)를 기판들 중 하나에 분무하여 스페이서로 작용하였다. 그런 다음 UV 경화 접착제인, Loctite 3106(Henkel AG & Co. KGaA, Dusseldorf, 독일)의 얇은 비드를 기판들 중 하나의 둘레에 적용하여 충전 포트 역할을 할 갭을 남겼다. 그런 다음 두 개의 기판들을 조립하고 스페이서에 대해 함께 가압하여 기판 사이에 균일한 갭을 만든 다음 UV 광에 노출시켜 접착제를 경화시켰다.

[0090] 그런 다음 다음으로 구성된 게스트-호스트 혼합물이 조제되었다: (1) Merck(EMD Chemicals, Gibbstown, NJ,

$$\Delta\epsilon$$

USA)로부터의 네거티브 유전체 이방성 액정 호스트, MLC-6609 94.8중량%; 네거티브 유전체 이방성 ( $< 0$ )을 가짐; (2) 역시 Merck 제품인 1.125% 키랄 도펀트, ZLI811; 및 (3) 염료 DR-1303 0.41%, (AlphaMicron, USA), G-241 0.95%; (Marubeni Chemicals, 일본), 및 전체 2.71%의 염료 LSY-210; (Mitsubishi Chemical Corporation, 일본), DD-1123, DD1032, DD1089; (AlphaMicron Inc, USA) 동일한 비율로 혼합됨으로 이루어진 아조계 이색성 염료 혼합물. 테스트 셀을 진공 챔버에 넣어 기판들 사이의 갭에 있는 공기를 제거한 다음 모세관 현상에 의해 게스트-호스트 혼합물로 채웠다. 채우기 포트는 UV 경화 접착제를 사용하여 밀봉되었다. 그런 다음 구리 배킹(backing)과 전도성 접착제로 구성된 전도성 테이프를 조립된 셀 에지의 전도성 중합체 코팅에 부착하여 전기 리드를 위한 견고한 상호 연결부 역할을 하였다. RMS 전압이 8V인 구형파 파형이 1KHz에서 60Hz 범위의 다양한 주파수에 인가되었다. 인가된 주파수의 함수로서 구배 색조화가 관찰되었다. 도 16은 성능을 나타내는 셀의 사진을 도시한다.

[0091] 애플리케이션

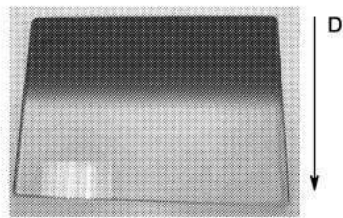
[0092] 본 명세서에 기술된 LC 셀은 매우 다양한 잠재적인 용도를 갖는다. 예를 들어, 이러한 디바이스는 안경(예를 들어, 처방 및 비처방 안경 및 선글라스), 바이저, 고글, 안면 보호대, 근안 디스플레이 및 AR/VR 헤드셋과 같은 "웨어러블" 제품으로 직접 제조되거나 적층될 수 있다. 대안적으로, 이는 창문(차량, 건물, 항공기 등), 앞유리, 선루프, 헤드업 디스플레이 및 광학 기구를 포함하되 이에 제한되지 않는 다른 제품에 직접 제작되거나 적층될 수 있다. 이러한 제품 및 디바이스에는 전원 공급원, 배터리, 센서 등이 추가로 장착될 수 있다.

[0093] 본 발명의 다양한 발명적 양태, 개념 및 피쳐는 예시적인 실시예에서 조합하여 구체화된 바와 같이 본 명세서에

서 설명되고 예시될 수 있지만, 이러한 다양한 양태, 개념 및 피쳐는 개별적으로 또는 다양한 조합 및 서브 조합으로 많은 대체 실시예에서 사용될 수 있다. 본 명세서에서 명시적으로 제외되지 않는 한, 이러한 모든 조합 및 서브 조합은 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 의도된다. 또한, 본 발명의 다양한 양태, 개념 및 피쳐-대체 재료, 구조, 구성, 방법, 회로, 디바이스 및 컴포넌트, 형태, 맞춤 및 기능에 대한 대안 등과 같은-에 대한 다양한 대체 실시예가 본 명세서에서 설명될 수 있지만, 이러한 설명은 현재 알려졌든 나중에 개발되든 이용 가능한 대안적 실시예의 완전하거나 철저한 목록이 되도록 의도되지 않는다. 당업자는 이러한 실시예가 본 명세서에 명시적으로 개시되지 않더라도 본 발명의 범위 내에서 하나 이상의 본 발명의 양태, 개념 또는 피쳐를 추가 실시예로 용이하게 채택하고 사용할 수 있다. 더욱이, 다양한 양태, 피쳐 및 개념이 본 명세서에서 독창적이거나 발명의 일부를 형성하는 것으로 명시적으로 식별될 수 있지만, 그러한 식별은 배타적인 것으로 의도되지 않으며, 오히려 그 자체로 또는 특정 발명의 일부로 명시적으로 식별되지 않고 본 명세서에 완전히 설명된 독창적인 양태, 개념 및 피쳐가 존재할 수 있다.

**도면**

**도면1a**



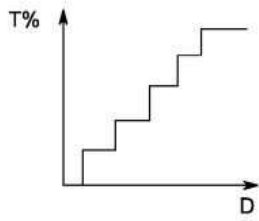
**종래 기술**

**도면1b**



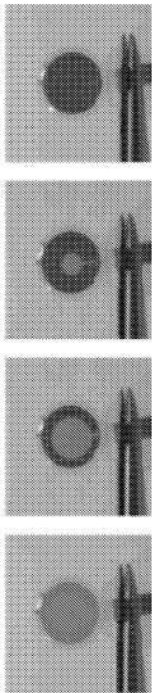
**종래 기술**

도면1c



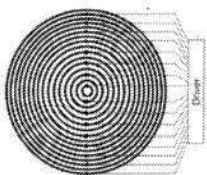
종래 기술

도면2



종래 기술

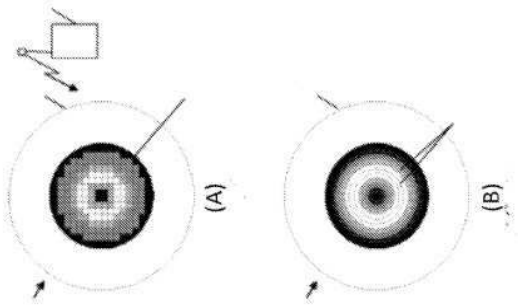
도면3



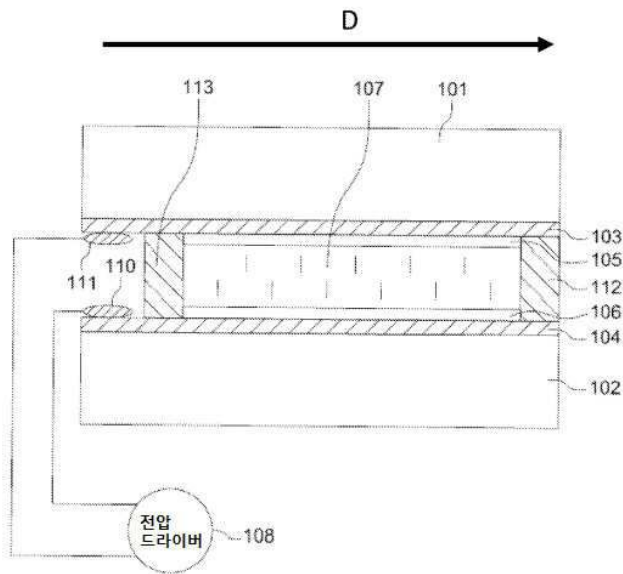
종래 기술

도면4

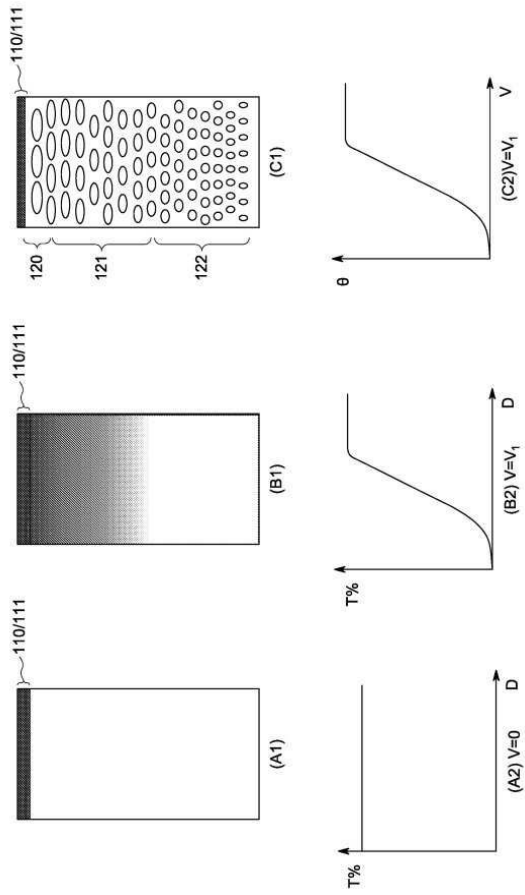
종래 기술



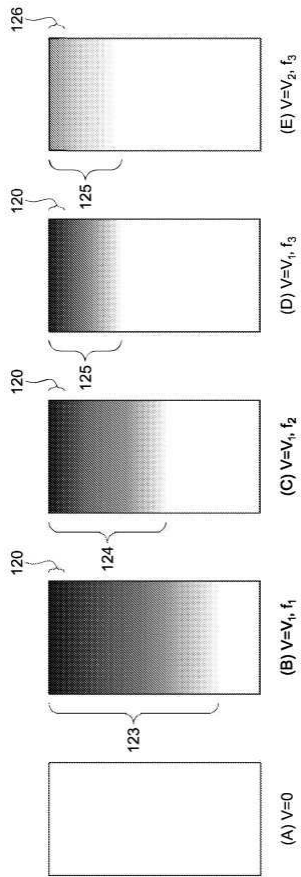
도면5



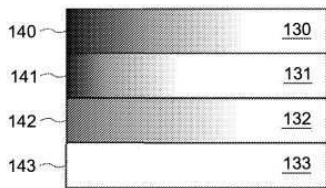
도면6



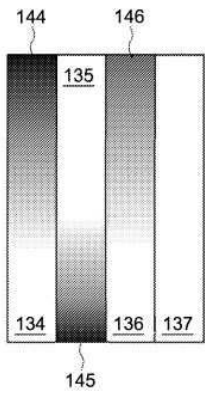
도면7



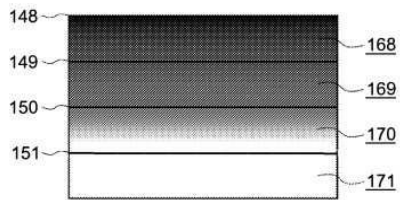
도면8a



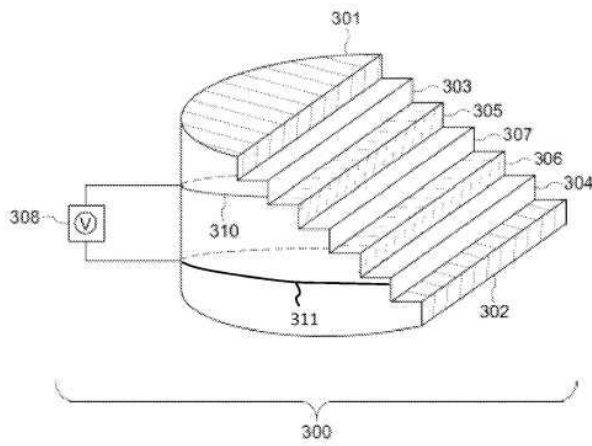
도면8b



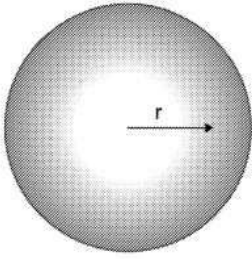
도면8c



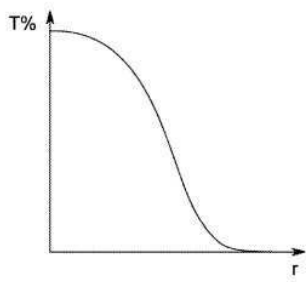
도면9



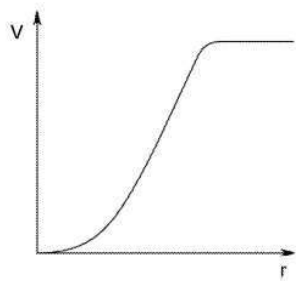
도면10a



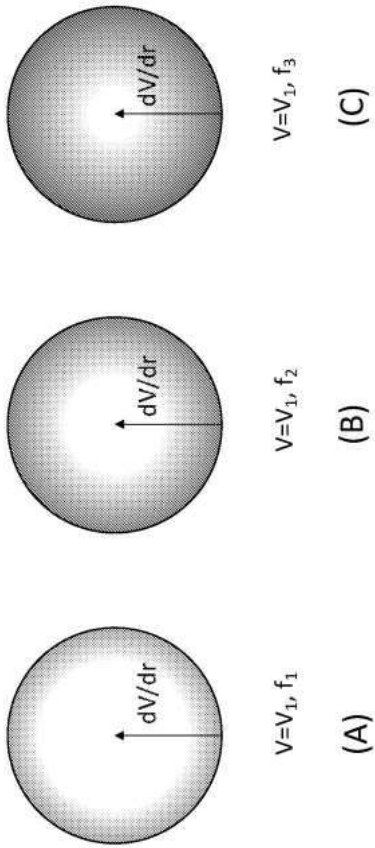
도면10b



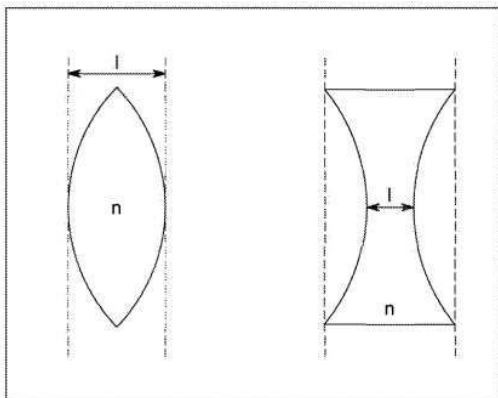
도면10c



도면11

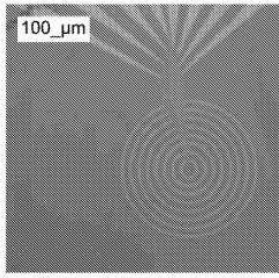


도면12



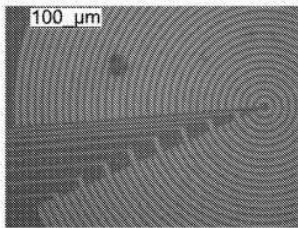
중래 렌즈

도면13a



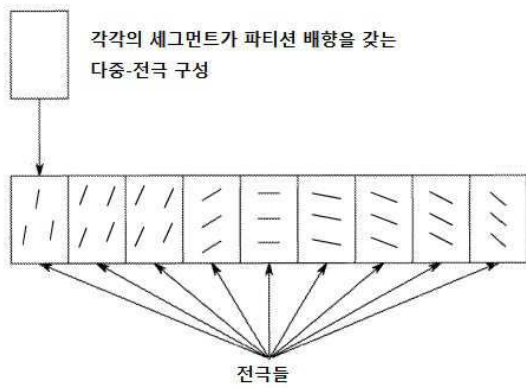
종래 기술

도면13b



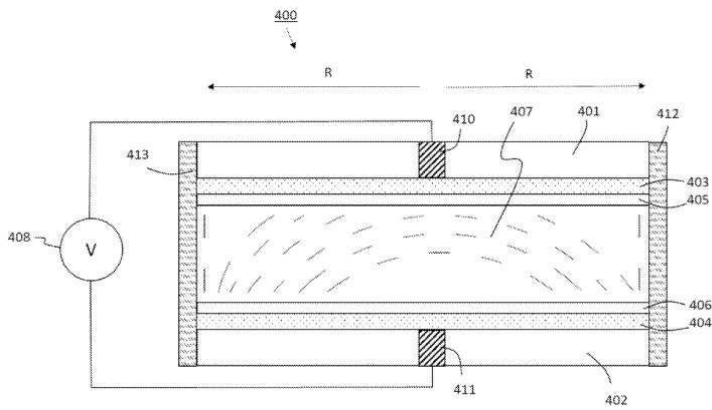
종래 기술

도면13c

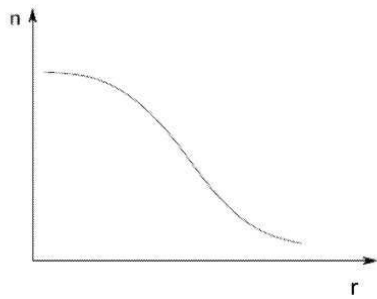


종래 기술

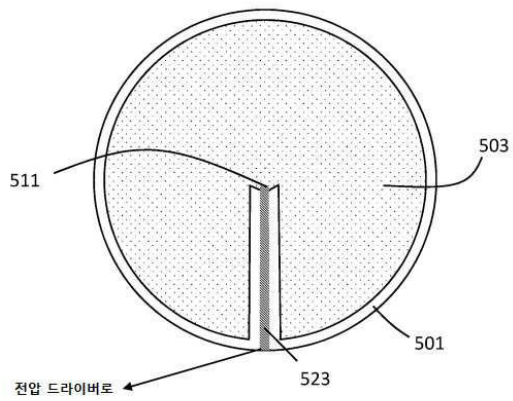
도면14a



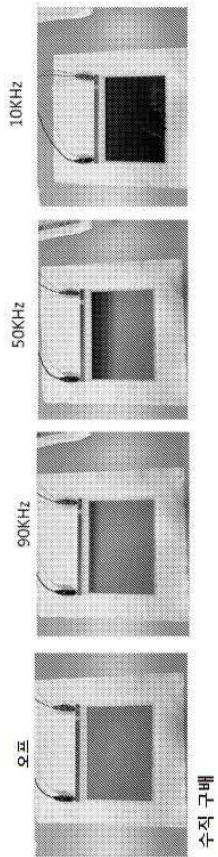
도면14b



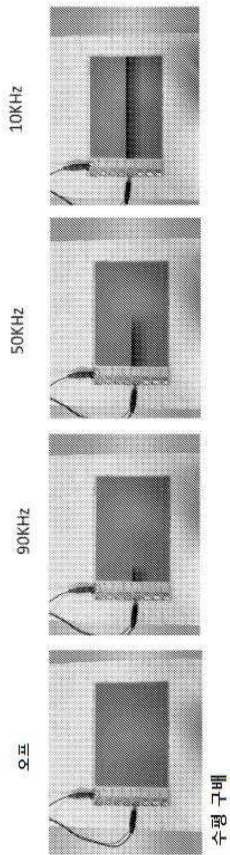
도면15



도면16a



도면16b



**【심사관 직권보정사항】**

**【직권보정 1】**

**【보정항목】** 청구범위

**【보정세부항목】** 청구항 1

**【변경전】**

하나 이상의 공간적 가변 광학 응답 특성을 갖는 광학 디바이스(optical device)로서, 상기 광학 디바이스는 하나 이상의 개별 액정 셀을 포함하며, 각각의 개별 셀은:

단일한 한 쌍의 기관들 사이에 함유된 액정(liquid crystal) 재료-여기서, 각각의 기관은 그 위에 제공된 투명 전도성 층을 가짐-;

각각의 투명 전도성 층과 접촉하는 전극 연결부(electrode connection); 및

상기 셀에 구동 신호를 인가하기 위해 각각의 전극 연결부와 전기 통신하는 구동 신호 소스(driving signal source)를 포함하고,

여기서:

i) 상기 구동 신호 소스로부터 상기 전극 연결부들에 인가된 구동 신호는 상기 전극 연결부들로부터 멀어지는 상기 한 쌍의 투명 전도성 층들을 따라 구배(gradient) 방향으로 전압 구배를 생성하고;

ii) 상기 구동 신호의 상기 주파수의 변경이 상기 전압 구배를 변경하도록, 상기 구동 신호는 전압 및 주파수에 의해 특징지어지며; 및

iii) 상기 디바이스의 적어도 일부에 걸쳐 적어도 하나의 광학 응답 특성에서 구배 효과를 생성하기 위해 상기 전압 구배가 상기 액정 재료에 의해 수신되는, 광학 디바이스.

**【변경후】**

하나 이상의 공간적 가변 광학 응답 특성을 갖는 광학 디바이스(optical device)로서, 상기 광학 디바이스는 하

나 이상의 개별 액정 셀을 포함하며, 각각의 개별 셀은:

단일한 한 쌍의 기관들 사이에 함유된 액정(liquid crystal) 재료-여기서, 각각의 기관은 그 위에 제공된 투명 전도성 층을 가짐-;

각각의 투명 전도성 층과 접촉하는 전극 연결부(electrode connection); 및

상기 셀에 구동 신호를 인가하기 위해 각각의 전극 연결부와 전기 통신하는 구동 신호 소스(driving signal source)를 포함하고,

여기서:

i) 상기 구동 신호 소스로부터 상기 전극 연결부들에 인가된 구동 신호는 상기 전극 연결부들로부터 멀어지는 상기 한 쌍의 투명 전도성 층들을 따라 구배(gradient) 방향으로 전압 구배를 생성하고;

ii) 상기 구동 신호의 주파수의 변경이 상기 전압 구배를 변경하도록, 상기 구동 신호는 전압 및 주파수에 의해 특징지어지며; 및

iii) 상기 디바이스의 적어도 일부에 걸쳐 적어도 하나의 광학 응답 특성에서 구배 효과를 생성하기 위해 상기 전압 구배가 액정 재료에 의해 수신되는, 광학 디바이스.