



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0113239
(43) 공개일자 2019년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/31 (2006.01) G01N 21/59 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/31 (2013.01)
G01N 21/59 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0035649
(22) 출원일자 2018년03월28일
심사청구일자 2018년03월28일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
전민용
대전광역시 유성구 상대로 16, 507동 902호(상대동, 도안신도시5블록트리폴시티아파트)
고명옥
충청남도 천안시 동남구 북중길 11-11(신부동)
김종현
대전광역시 유성구 봉명서로20번길 62(봉명동)
(74) 대리인
권혁수, 송윤호

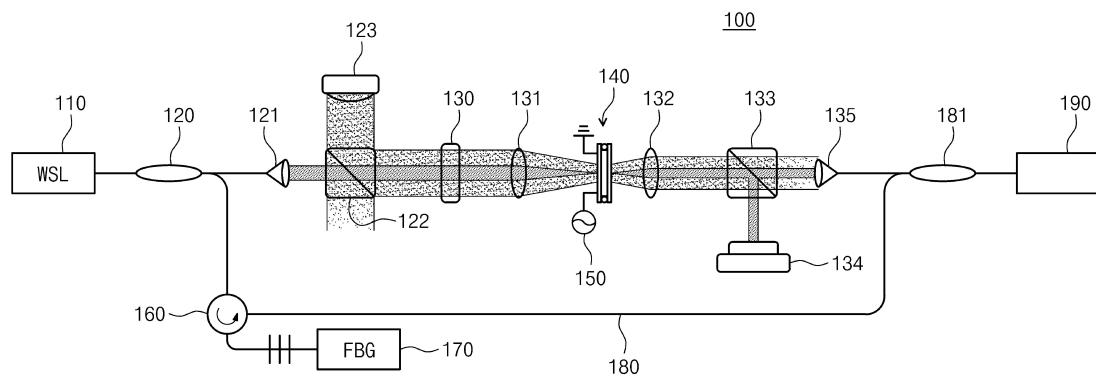
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 액정 피치 변화 측정 장치 및 방법, 광학 센서

(57) 요약

액정 피치 변화 측정 장치 및 방법, 광학 센서가 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치는 시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하는 파장 홀름 레이저; 나선구조로 배열되는 액정을 포함하고, 파장 홀름 레이저로부터 입사된 광 중 일부를 반사하고 다른 일부를 투과시켜 투과광을 출력하는 콜레스테릭 액정 셀; 액정의 나선구조 배열 주기인 액정 피치에 변화를 일으키기 위한 외부 자극을 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 자극 인가부; 및 시간 영역에서 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하고, 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 외부 자극에 따른 상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 분석부;를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01N 2201/06113 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711055838

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 지역신산업선도인력양성

연구과제명 포토닉스 광 소자 및 이를 이용한 환경 감시 포토닉스 센서 개발

기 여 율 1/2

주관기관 충남대학교

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711050650

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(미래부)

연구과제명 광섬유 레이저 기반 테라헤르츠 분광을 이용한 액정 소자의 특성 및 이를 이용한 액정 기

반 테라헤르츠소자

기 여 율 1/2

주관기관 충남대학교

연구기간 2017.03.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하는 파장 훑음 레이저;

나선구조로 배열되는 액정을 포함하고, 상기 파장 훑음 레이저로부터 입사된 광 중 일부를 반사하고 다른 일부를 투과시켜 투과광을 출력하는 콜레스테릭 액정 셀;

상기 액정의 나선구조 배열 주기인 액정 피치에 변화를 일으키기 위한 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 자극 인가부; 및

시간 영역에서 상기 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하고, 상기 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 상기 외부 자극에 따른 상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 분석부;를 포함하는 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 자극 인가부는 상기 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 전기장을 형성하여 상기 외부 자극을 인가하는 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 자극 인가부는,

상기 콜레스테릭 액정 셀에 미리 설정된 구동 전압보다 높은 오버드라이브 전압을 미리 설정된 시간 동안 인가한 후, 상기 구동 전압을 인가하도록 구성되는 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 구동 전압은 미리 설정된 임계 구동 전압 이상의 값으로 설정되고,

상기 임계 구동 전압은 상기 오버드라이브 전압을 인가하지 않은 상태에서 상기 콜레스테릭 액정 셀의 액정 피치에 변화를 일으킬 수 있는 최소의 전압인 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 파장 훑음 레이저로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지하여 상기 제1 광을 상기 콜레스테릭 액정 셀로 출력하는 광커플러;

상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 적어도 일부를 출력하는 서큘레이터;

상기 서큘레이터에 결합되어 상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 상기 서큘레이터로 반사광을 출력하는 광섬유 격자 소자; 및

상기 반사광을 상기 서큘레이터로부터 상기 분석부로 전달하는 광전달부;를 더 포함하는 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 분석부는,

상기 광섬유 격자 소자의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로 시간축의 분석신호를 파장축으로 변환하여 상기 스펙트럼을 산출하는 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 광커플러와 상기 콜레스테릭 액정 셀 사이에 배치되고, 상기 제1 광을 원편광시켜 상기 콜레스테릭 액정 셀로 입사시키는 사분 파장판;을 더 포함하는 액정 피치 변화 측정 장치.

청구항 8

파장 홀음 레이저로부터 시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하여 나선구조 배열의 액정을 포함하는 콜레스테릭 액정 셀에 입사시키는 단계;

상기 콜레스테릭 액정 셀의 액정 피치에 변화를 일으키기 위한 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 단계;

시간 영역에서 상기 콜레스테릭 액정 셀의 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하는 단계; 그리고

상기 시간 영역의 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 상기 외부 자극에 따른 상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 단계;를 포함하는 액정 피치 변화 측정 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 단계는,

상기 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 전기장을 형성하여 상기 외부 자극을 인가하는 단계를 포함하는 액정 피치 변화 측정 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 단계는,

상기 콜레스테릭 액정 셀에 미리 설정된 구동 전압보다 높은 오버드라이브 전압을 미리 설정된 시간 동안 인가하는 단계; 그리고

상기 오버드라이버 전압에 이어서 상기 구동 전압을 인가하는 단계;를 포함하는 액정 피치 변화 측정 방법.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 구동 전압은 미리 설정된 임계 구동 전압 이상의 값으로 설정되고,

상기 임계 구동 전압은 상기 오버드라이브 전압을 인가하지 않은 상태에서 상기 콜레스테릭 액정 셀의 액정 피치에 변화를 일으킬 수 있는 최소의 전압인 액정 피치 변화 측정 방법.

청구항 12

제8 항에 있어서,

상기 파장 홀음 레이저로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지하고, 상기 제2 광을 광섬유 격자 소자에 입사시키는 단계; 그리고

상기 광섬유 격자 소자가 상기 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 반사광을 출력하는 단계;를 더 포함하고,

상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 단계는,

상기 광섬유 격자 소자의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로, 시간축의 상기 분석신호를 파장축으로 변환하여 상기 스펙트럼을 산출하는 단계를 포함하는 액정 피치 변화 측정 방법.

청구항 13

시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하는 파장 훑음 레이저;

나선구조로 배열되는 액정을 포함하고, 상기 파장 훑음 레이저로부터 입사된 광 중 일부를 반사하고 다른 일부를 투과시켜 투과광을 출력하며, 상기 투과광의 스펙트럼이 외부 자극에 따라 변화하는 콜레스테릭 액정 셀; 및 시간 영역에서 상기 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하고, 상기 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 상기 투과광의 스펙트럼을 산출하고, 상기 투과광의 스펙트럼에 기초하여 상기 외부 자극을 분석하는 분석부;를 포함하는 광학 센서.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 외부 자극은 상기 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 인가되는 전기장의 세기인 광학 센서.

청구항 15

제13 항에 있어서,

상기 파장 훑음 레이저로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지하여 상기 제1 광을 상기 콜레스테릭 액정 셀로 출력하는 광커플러;

상기 광커플러와 상기 콜레스테릭 액정 셀 사이에 배치되고, 상기 제1 광을 원편광시켜 상기 콜레스테릭 액정 셀로 입사시키는 사분 파장판;

상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 적어도 일부를 출력하는 서큘레이터;

상기 서큘레이터에 결합되어 상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 상기 서큘레이터로 반사광을 출력하는 광섬유 격자 소자; 및

상기 반사광을 상기 서큘레이터로부터 상기 분석부로 전달하는 광전달부;를 더 포함하고,

상기 분석부는,

상기 광섬유 격자 소자의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로 시간축의 분석신호를 파장축으로 변환하여 상기 스펙트럼을 산출하는 광학 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액정 피치 변화 측정 장치 및 방법, 광학 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 콜레스테릭 액정 셀(cholesteric liquid crystal cell)의 액정 피치(pitch) 변화를 측정하기 위한 장치 및 방법, 파장 훑음 레이저(wavelength swept laser)와 콜레스테릭 액정 셀을 이용한 광학 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 콜레스테릭 액정(CLC; Cholesteric Liquid Crystal)은 스스로 주기적인 나선구조로 배열하여 선택적 파장 반사 특성을 가지는 물질이다. CLC의 반사 파장 및 반사율은 다양한 외부 자극(예를 들어, 전기장, 열, 빛 등)에 의해 변화한다. 이러한 특성을 가지는 CLC 물질은 다양한 광학 분야에서 응용되고 있다. 특히, 전기장은 상대적으로 CLC의 특성을 조절하기 용이하고, 반응 속도가 빨라 동적인 특성 변화를 위해 주로 이용된다.

[0003] CLC의 전기적 구동 방식에는 크게 두 가지가 있다. 하나는 나선축(helical axis)에 나란하게 전기장을 인가하는 방식이고, 다른 하나는 나선축에 수직하게 전기장을 인가하는 방식이다. CLC 셀에 나선축에 나란한 방향으로 전기장을 인가하는 방식은 반사 상태(reflective state)와 비반사 상태(nonreflective state)를 빠르게 스위칭할 수 있고, 또 투과율을 조절할 수 있기 때문에, 쌍안정 콜레스테릭 디스플레이(bistable cholesteric display),

스마트 윈도우(smart window) 등의 분야에서 활발히 연구되고 있다.

[0004] CLC 셀에 수평 방향의 전기장(나선축에 대해 수직인 전기장)을 인가하는 방식, 예를 들어 IPS(In-plane switching) 구동 방식은 전기장 세기에 따라 카이럴(chiral) 액정의 피치가 변하여 브래그(Bragg) 반사 파장이 변화하는 원리이며, 셀 두께, 앵커링(anchoring) 조건 등에 따라 파장을 연속적 또는 불연속적으로 가변시킬 수 있다. 이러한 특징을 이용해, CLC 가변 레이저(tunable laser), 가변 노치 필터(tunable notch filter) 등의 다양한 광 소자가 개발되고 있다.

[0005] 하지만, CLC 셀에 대한 IPS 방식은 액정 반응이 전극 내에서 불균일하게 나타나며, 콜레스테릭 액정의 피치 변화 속도가 느리고, 가역적이지 않은 단점이 있다. 이를 개선하기 위해서 폴리머 안정화(polymer stabilization) 공정 과정을 이용한 연구들이 있으나, 본질적으로 콜레스테릭 액정의 피치 변화가 왜 일어나는지, 또 액정 피치의 순간적인 변화 양상은 어떻게 되는지에 관한 연구는 충분하지 않다. 기존의 CLC 피치 변화에 대한 연구는 주로 준정적변동(quasistatic variation)을 가정했기 때문에, CLC의 동적 피치 변화는 아직 더 연구가 필요한 분야이다. 일반 수평 전극 셀에서 CLC 피치 변화는 전극 내에서 동시에 나타나지 않고 일부 영역에서 먼저 변화하게 되고 그 후 회복(relaxation) 과정에 의해 피치 변화 영역이 천천히 이동하는 방식으로 피치가 불연속적으로 변화한다. 이때 피치의 순간적인 변화 과정을 빠르게 관측한 실험적 연구는 현재까지 수행된 바 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 콜레스테릭 액정의 동적 피치 변화를 빠르게 측정할 수 있는 액정 피치 변화 측정 장치 및 방법, 그리고 파장 홀름 레이저와 콜레스테릭 액정 셀을 이용하여 외부 자극을 빠르게 측정할 수 있는 광학 센서를 제공하기 위한 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 이하의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따르면, 시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하는 파장 홀름 레이저; 나선구조로 배열되는 액정을 포함하고, 상기 파장 홀름 레이저로부터 입사된 광 중 일부를 반사하고 다른 일부를 투과시켜 투과광을 출력하는 콜레스테릭 액정 셀; 상기 액정의 나선구조 배열 주기인 액정 피치에 변화를 일으키기 위한 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 자극 인가부; 및 시간 영역에서 상기 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하고, 상기 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 상기 외부 자극에 따른 상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 분석부;를 포함하는 액정 피치 변화 측정 장치가 제공된다.

[0009] 상기 자극 인가부는 상기 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 전기장을 형성하여 상기 외부 자극을 인가할 수 있다.

[0010] 상기 자극 인가부는, 상기 콜레스테릭 액정 셀에 미리 설정된 구동 전압보다 높은 오버드라이브 전압을 미리 설정된 시간 동안 인가한 후, 상기 구동 전압을 인가하도록 구성될 수 있다.

[0011] 상기 구동 전압은 미리 설정된 임계 구동 전압 이상의 값으로 설정되고, 상기 임계 구동 전압은 상기 오버드라이브 전압을 인가하지 않은 상태에서 상기 콜레스테릭 액정 셀의 액정 피치에 변화를 일으킬 수 있는 최소의 전압일 수 있다.

[0012] 상기 액정 피치 변화 측정 장치는 상기 파장 홀름 레이저로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지하여 상기 제1 광을 상기 콜레스테릭 액정 셀로 출력하는 광커플러; 상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 적어도 일부를 출력하는 서큘레이터; 상기 서큘레이터에 결합되어 상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 상기 서큘레이터로 반사광을 출력하는 광섬유 격자 소자; 및 상기 반사광을 상기 서큘레이터로부터 상기 분석부로 전달하는 광전달부;를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 분석부는, 상기 광섬유 격자 소자의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로 시간축의 분석신호를 파장축으로 변환하여 상기 스펙트럼을 산출할 수 있다.

[0014] 상기 액정 피치 변화 측정 장치는 상기 광커플러와 상기 콜레스테릭 액정 셀 사이에 배치되고, 상기 제1 광을

원편광시켜 상기 콜레스테릭 액정 셀로 입사시키는 사분 파장판;을 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 파장 홀름 레이저로부터 시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하여 나선구조 배열의 액정을 포함하는 콜레스테릭 액정 셀에 입사시키는 단계; 상기 콜레스테릭 액정 셀의 액정 피치에 변화를 일으키기 위한 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 단계; 시간 영역에서 상기 콜레스테릭 액정 셀의 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하는 단계; 그리고 상기 시간 영역의 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 상기 외부 자극에 따른 상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 단계;를 포함하는 액정 피치 변화 측정 방법이 제공된다.

[0016] 상기 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 단계는, 상기 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 전기장을 형성하여 상기 외부 자극을 인가하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 외부 자극을 상기 콜레스테릭 액정 셀에 인가하는 단계는, 상기 콜레스테릭 액정 셀에 미리 설정된 구동 전압보다 높은 오버드라이브 전압을 미리 설정된 시간 동안 인가하는 단계; 그리고 상기 오버드라이버 전압에 이어서 상기 구동 전압을 인가하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 액정 피치 변화 측정 방법은 상기 파장 홀름 레이저로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지하고, 상기 제2 광을 광섬유 격자 소자에 입사시키는 단계; 그리고 상기 광섬유 격자 소자가 상기 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 반사광을 출력하는 단계;를 더 포함하고, 상기 투과광의 스펙트럼의 변화를 측정하는 단계는, 상기 광섬유 격자 소자의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로, 시간축의 상기 분석신호를 파장축으로 변환하여 상기 스펙트럼을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력하는 파장 홀름 레이저; 나선구조로 배열되는 액정을 포함하고, 상기 파장 홀름 레이저로부터 입사된 광 중 일부를 반사하고 다른 일부를 투과시켜 투과광을 출력하며, 상기 투과광의 스펙트럼이 외부 자극에 따라 변화하는 콜레스테릭 액정 셀; 및 시간 영역에서 상기 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하고, 상기 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 상기 투과광의 스펙트럼을 산출하고, 상기 투과광의 스펙트럼에 기초하여 상기 외부 자극을 분석하는 분석부;를 포함하는 광학 센서가 제공된다.

[0020] 상기 외부 자극은 상기 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 인가되는 전기장의 세기일 수 있다.

[0021] 상기 광학 센서는, 상기 파장 홀름 레이저로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지하여 상기 제1 광을 상기 콜레스테릭 액정 셀로 출력하는 광커플러; 상기 광커플러와 상기 콜레스테릭 액정 셀 사이에 배치되고, 상기 제1 광을 원편광시켜 상기 콜레스테릭 액정 셀로 입사시키는 사분 파장판; 상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 적어도 일부를 출력하는 서큘레이터; 상기 서큘레이터에 결합되어 상기 제2 광이 입사되고, 상기 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 상기 서큘레이터로 반사광을 출력하는 광섬유 격자 소자; 및 상기 반사광을 상기 서큘레이터로부터 상기 분석부로 전달하는 광전달부;를 더 포함하고, 상기 분석부는, 상기 광섬유 격자 소자의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로 시간축의 분석신호를 파장축으로 변환하여 상기 스펙트럼을 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시예에 의하면, 콜레스테릭 액정의 동적 피치 변화를 빠르게 측정할 수 있는 액정 피치 변화 측정 장치 및 방법, 파장 홀름 레이저와 콜레스테릭 액정 셀을 이용하여 외부 자극을 빠르게 측정할 수 있는 광학 센서가 제공된다.

[0023] 본 발명의 효과는 상술한 효과들로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 효과들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치를 구성하는 파장 홀름 레이저의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치를 구성하는 파장 홀름 레이저의 출력을 각각 파장 영역, 시간 영역에서 측정한 그래프이다.

도 4는 콜레스테릭 액정 셀에 전기장이 인가되지 않았을 때의 투과스펙트럼이다.

도 5는 콜레스테릭 액정 셀의 평면 상태 현미경 이미지이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따라 콜레스테릭 액정 셀의 투과광을 시간축에서 측정한 분석신호이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라 도 6의 분석신호를 FBG 신호를 기준으로 파장축으로 변환한 그래프이다.

도 8은 콜레스테릭 액정 셀에 인가되는 구동 전압을 예시한 그래프이다.

도 9는 도 8의 전기장을 콜레스테릭 액정 셀에 인가함에 따른 현미경 사진과 투과율 스펙트럼 변화를 보여주는 그래프이다.

도 10은 전기장 세기를 $0.08 \text{ V}/\mu\text{m}$ 에서 $2.93 \text{ V}/\mu\text{m}$ 으로 증가시켰을 때의 현미경 사진과 투과율 스펙트럼 변화 그래프이다.

도 11은 오버드라이브 방식으로 콜레스테릭 액정 셀에 인가되는 전기장 그래프이다.

도 12는 도 11에 도시된 오버드라이브 전압 인가 방식으로 콜레스테릭 액정 셀에 전기장을 인가하였을 때의 현미경 사진과 투과율 스펙트럼 변화 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술하는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 갖는다. 공지된 구성에 대한 일반적인 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않기 위해 생략될 수 있다. 본 발명의 도면에서 동일하거나 상응하는 구성에 대하여는 가급적 동일한 도면부호가 사용된다. 본 발명의 이해를 돕기 위하여, 도면에서 일부 구성은 다소 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.
- [0026] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다", "가지다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0027] 본 명세서 전체에서 사용되는 '~부'는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위로서, 예를 들어 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다. 그렇지만 '~부'가 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.
- [0028] 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함할 수 있다. 구성요소와 '~부'에서 제공하는 기능은 복수의 구성요소 및 '~부'들에 의해 분리되어 수행될 수도 있고, 다른 추가적인 구성요소와 통합될 수도 있다.
- [0029] 본 발명은 파장 훑음 레이저(wavelength swept laser)를 이용하여 콜레스테릭 액정 셀(cholesteric liquid crystal cell)의 피치 변화(pitch variation) 과정을 동적으로 측정한다. 또한, 콜레스테릭 액정의 피치가 풀리는 순간의 동적 변화 과정을 측정하기 위해, 오버드라이브 방식으로 콜레스테릭 액정 셀에 외부 자극(전기장)을 인가한다. 본 발명에 의하면, 외부 자극 인가에 따라 콜레스테릭 액정 셀로부터 출력되는 투과광의 스펙트럼 변화를 파장 훑음 레이저를 이용해 시간 영역에서 빠르게 측정할 수 있으며, 이를 통해 피치의 동적 회복(relaxation) 과정 및 풀림에 따른 나선 밴드 구조 변화 현상(투과광의 스펙트럼 변화)을 수 초 이내의 짧은 시간(약 1초) 내에 관측할 수 있다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치(100)는 파장 훑음 레이저(110), 광커플러(120), 사분 파장판(130), 콜레스

테릭 액정 셀(140), 자극 인가부(150), 서큘레이터(160), 광섬유 격자 소자(170), 광전달부(180) 및 분석부(190)를 포함할 수 있다.

- [0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치를 구성하는 파장 훑음 레이저의 구성도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 파장 훑음 레이저(wavelength swept laser)(110)는 시간에 따라 변화하는 파장의 광을 출력한다. 파장 훑음 레이저(110)는 주기적으로 빛의 파장을 고속으로 변화시키면서 광을 출력한다. 파장 훑음 레이저(110)는 파장 훑음 필터에 의해 레이저 파장이 연속적으로 가변되는 레이저로, 필터 반복 주기에 따라 주기성을 갖는 연속파를 출력하는 레이저이다. IR 영역(1310, 1550 nm 대역)에서 파장 훑음 레이저(110)를 제작할 때 주로 SOA(Semiconductor optical amplifier)를 이득 매질로 사용하며, 약 100 nm 이상의 넓은 밴드폭을 얻을 수 있다.
- [0032] 일 실시예에서, 파장 훑음 레이저(110)는 광선로(111), 광선로(111) 상에 설치되는 적어도 하나의 반도체 광증폭기(SOA; Semiconductor Optical Amplifier)(112a, 112b), 파장 가변부(113), 써큘레이터(circulator)(114), 편광조절기(polarization controller)(115a, 115b), 커플러(coupler) 및 아이솔레이터(117)를 포함할 수 있다.
- [0033] 광선로(111)는 광섬유로 이루어질 수 있다. 반도체 광증폭기(112a, 112b)는 레이저 광원으로서의 기능을 수행하며, 빔을 광선로(110)의 양 방향으로 다방 방출한다. 파장 가변부(113)는 빛의 파장이 가변되도록 광의 경로를 시간에 따라 변화시킨다. 일 예로, 파장 가변부(113)는 회전하는 폴리곤 미러 스캐너(polygon mirror scanner)(1131), 폴리곤 미러 스캐너(1131)에 광을 집속하여 제공하고 폴리곤 미러 스캐너(1131)로부터 반사된 광을 제공받아 집속하는 적어도 하나의 광집속렌즈(1132, 1133), 광집속렌즈(1132, 1133)에 광을 회절하여 제공하고 광집속렌즈(1132, 1133)로부터 광을 제공받아 회절시키는 회절 격자(diffraction grating)(1134), 및 광선로(111)의 광을 회절 격자(1134)로 제공하고 회절 격자(1134)로부터 제공받은 광을 광선로(111)에 제공하는 콜리메이터(collimator)(1135)를 포함할 수 있다.
- [0034] 써큘레이터(114)는 광선로(111)에서 광이 일 방향으로 흐르도록 광의 방향을 제한한다. 편광조절기(115a, 115b)는 편광을 조절한다. 커플러(116)는 광선로(111)에 흐르는 광신호를 분기시켜 광커플러(120)로 출력한다. 이에 따라, 고속으로 가변되는 파장의 광이 파장 훑음 레이저(110)로부터 출력된다.
- [0035] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 액정 피치 변화 측정 장치를 구성하는 파장 훑음 레이저의 출력을 각각 파장 영역, 시간 영역에서 측정한 그래프로, 파장 영역과 시간 영역에서 측정한 신호가 서로 일대일 대응되는 것을 확인할 수 있다. 파장 훑음 레이저(110)는 시간에 따라 레이저 파장이 변하기 때문에 파장 영역에서의 신호가 시간 영역에서의 신호와 일대일 대응되는 특성을 가진다. 따라서, OSA(Optical Spectrum Analyzer)를 대신해 시간 영역에서 측정된 데이터를 파장 영역으로 변환함으로써, 파장 성분의 변화를 빠르게 측정할 수 있다. OSA로 넓은 밴드폭(약 100 nm)의 스펙트럼을 측정하면 약 수백 ms 가 걸린다. 대신 고속 포토다이오드(fast photo diode)로 광을 전기신호로 변환하여 시간영역에서 측정하면 약 1000배 이상 더 빠르게 측정 가능하다.
- [0036] 파장 훑음 레이저(110)는 폴리곤 미러, 페브리-페롯 필터(Fabry-Perot filter), MEMS(Microelectromechanical systems) 필터 등을 파장 훑음 필터로 이용하여 파장을 시간에 따라 가변해주고, 수십 kHz 이상의 빠른 반복률로 출력 가능할 수 있다. 도 1에는 폴리곤 미러 구조의 파장 훑음 레이저(110)가 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않으며, 빛의 파장을 가변하여 출력할 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다.
- [0037] 광커플러(fiber coupler)(120)는 파장 훑음 레이저(110)로부터 출력되는 광을 제1 광과 제2 광으로 분지한다. 광커플러(120)에 의해 분기된 제1 광은 콜레스테릭 액정 셀(140)측으로 출력되고, 제2 광은 서큘레이터 측으로 출력된다. 일 실시예로, 광커플러(120)는 파장 훑음 레이저(110)로부터 출력되는 광을 같은 비율로 제1 광과 제2 광으로 분리할 수 있다.
- [0038] 광커플러(120)에 의해 분리된 제1 광은 콜리메이터(121)를 통해, 광커플러(120)와 콜레스테릭 액정 셀(140) 사이에 배치된 사분 파장판(quarter wave plate)(130)으로 전달된다. 사분 파장판(130)은 제1 광을 원편광시켜 콜레스테릭 액정 셀(140)로 입사시킨다. 사분 파장판(130)과 콜레스테릭 액정 셀(140) 사이, 또는 콜레스테릭 액정 셀(140)의 출력단에는 광의 집속을 위한 렌즈(131, 132)가 설치될 수 있다.
- [0039] 콜레스테릭 액정 셀(140)은 나선구조로 배열되는 액정을 포함한다. 콜레스테릭 액정 셀(140)은 파장 훑음 레이저(110)로부터 입사된 광(제1 광) 중 일부를 반사하고, 다른 일부를 투과시켜 투과광을 출력한다. 콜레스테릭 액정 셀(140)의 투과광은 콜리메이터(135)와 광커플러(181)를 통해 분석부(190)로 전달된다.
- [0040] 콜레스테릭 액정 셀(140)을 영상으로 관찰하기 위해, 렌즈(132)와 콜리메이터(135) 사이에는 빔스플리터(133)가 설치되고, 빔스플리터(133)에 의해 반사된 광이 CCD 카메라(134)로 입사시킬 수 있다. CCD 카메라(134)의 영상

촬영을 위해, 콜리메이터(121)와 사분 파장판(130) 사이에 편광 빔스플리터(polarization beam splitter)(122)가 설치되고, 백색 LED(123)로부터 백색광을 편광 빔스플리터(122)를 통해 콜레스테릭 액정 셀(140) 측으로 전달할 수 있다.

[0041] 자극 인가부(150)는 액정의 나선구조 배열 주기인 액정 피치(pitch)에 변화를 일으키기 위한 외부 자극을 콜레스테릭 액정 셀(140)에 인가한다. 자극 인가부(150)는 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 전기장을 형성하여 콜레스테릭 액정 셀(140)에 외부 자극을 인가할 수 있다. 일 실시예로, 자극 인가부(150)는 콜레스테릭 액정 셀(140)에 미리 설정된 구동 전압(drive voltage)보다 높은 오버드라이브 전압(overdrive voltage)을 미리 설정된 시간 동안 인가한 후, 구동 전압을 인가하도록 구성될 수 있다. 구동 전압은 미리 설정된 임계 구동 전압 이상의 값으로 설정될 수 있다. 임계 구동 전압은 오버드라이브 전압을 인가하지 않은 상태에서 콜레스테릭 액정 셀(140)의 액정 피치에 변화를 일으킬 수 있는 최소의 전압일 수 있다.

[0042] 서큘레이터(circulator)(160)는 광커플러(120)로부터 분기된 제2 광이 입사되고, 제2 광 중 적어도 일부를 서큘레이터(160)에 결합된 광섬유 격자 소자(FBG; Fiber Bragg Grating)(170)로 출력한다. 광섬유 격자 소자(170)는 서큘레이터(160)로부터 입사되는 제2 광 중 설정 파장의 광을 반사하여 서큘레이터(170)로 반사광을 출력한다. 광섬유 격자 소자(170)에 의해 출력되는 반사광은 광섬유로 이루어지는 광전달부(180) 및 광커플러(181)를 통해 서큘레이터(170)로부터 분석부(190)로 전달된다.

[0043] 분석부(190)는 시간 영역에서 콜레스테릭 액정 셀(140)의 투과광에 대응되는 분석신호의 파형을 측정하고, 분석신호의 파형을 파장 영역으로 변환하여 자극 인가부(150)의 외부 자극에 따른 투과광의 스펙트럼 변화를 측정한다. 분석부(190)는 광섬유 격자 소자(170)의 반사광에 대응되는 출력신호를 기준으로 콜레스테릭 액정 셀(140)의 피치에 따라 출력되는 시간축의 분석신호를 파장축으로 변환하여 투과광의 스펙트럼을 산출할 수 있다.

[0044] 이하에서, 도 1에 도시된 액정 피치 변화 측정 장치에 의해 액정 피치 변화를 측정한 실험예에 대해 설명한다. 콜레스테릭 액정 셀(140)은 수평 배향된 얇은 두께의 수평 전극 셀로 구성된다. 실험예에서, 한쪽 기판에 전극층을 코팅하여 나선축에 수직하게 전기장이 인가될 수 있도록 하였으며, 배향층은 폴리이미드(AL3046)를 스핀코팅하여 제작하였다. 전극 간격은 약 210 μm 으로 광원의 직경보다 약 8배 이상 크게 하였다. 스페이서는 두께 12 μm 인 필름을 이용하였고, CLC를 등방성 위상(isotropic phase)일 때 삽입한 뒤, 공기와 접촉되지 않도록 에폭시로 틈을 메웠다. 콜레스테릭 액정은 네마틱 액정(ML-9704)에 카이랄 도펀트(S811)를 섞어 브래그 파장이 1304.2 nm가 되도록 제작하였다.

[0045] 도 4는 콜레스테릭 액정 셀에 전기장이 인가되지 않았을 때의 투과스펙트럼으로, 중심파장은 1304.2 nm, 밴드폭은 반치폭 기준으로 약 84.8 nm이다. 도 5는 콜레스테릭 액정 셀의 평면 상태 현미경 이미지이다. 도 5의 사진에서 좌우 어두운 영역은 전극 영역이고, 가운데 밝은 영역에 수평 전기장이 인가된다. 전극 중앙의 흰 원은 레이저빔으로 직경은 약 25 μm 크기이다. 전극 영역 위에 있는 기다란 선은 오일리 스트릭(oily streak)으로, 방향자(director)가 벤딩(bending)되어 생긴 선이다.

[0046] 투과스펙트럼을 측정할 광원으로 파장 훑음 레이저를 제작하기 위해 도 1과 같이 광 소자를 구성하였다. 파장 훑음 필터부는 회절 격자, 색수차 보정렌즈, 폴리곤 거울로 구성하였다. 콜리메이터(1135)에서 나온 평행빔이 회절 격자(600 grooves/mm)에 의해 회절되며, 첫 번째 회절빔이 필터 광축에 나란하도록 정렬하였다. 이때 각각의 파장 성분은 평행하게 진행하며 두 색수차 렌즈는 아포컬 시스템(afocal system)이 되도록 정렬하여 각 파장 성분들이 렌즈 통과 후에도 평행하게 진행할 수 있도록 하였다. 폴리곤 거울은 뒤쪽 렌즈의 초점거리에 위치시키며 거울이 회전함에 따라 파장 성분들이 순차적으로 역반사되어 광섬유 공진기 내로 들어가 레이징된다. 실제 사용한 레이저는 중심파장 1310 nm, 반복률 3.6 kHz로 구동되었으며, 이때 평균파워, 반치폭은 각각 80 mW, 133 nm 으로 파장 가변 속도는 약 0.73 nm/ μs 이다. 파장폭은 1245 nm에서 1380 nm로 약 135 nm이다.

[0047] 파장 훑음 레이저로부터 출력되는 레이저빔은 광커플러(120)에 의해 각각 CLC 셀(140) 측과 FBG(170) 측으로 입사된다. CLC(140) 측으로 입사된 빔은 왼쪽 방향으로 원편광된 후 CLC 셀(140)에 수직으로 입사되고, 그 후 빔스플리터(133)를 거쳐 나뉘어 각각 CCD 카메라(134), 콜리메이터(135)로 입사된다. FBG(170)는 특정 파장 성분을 반사하는 광섬유 소자로, 중심파장 1284.5 nm, 선폭 약 0.2 nm의 빔이 반사된다. FBG(170)에서 반사된 빔은 서큘레이터(160)를 거쳐 광커플러(181)로 수집된다. 이 신호는 분석부(190)의 고속 포토다이오드(fast photodiode)에 의해 전기신호로 변환되고, DAQ(Data acquisition)에 의해 샘플링된 후, 랩뷰 프로그램(Labview program)에 의해 저장 및 신호처리되었다. 이때, FBG 신호는 시간 영역 스펙트럼을 파장 영역으로 변환하기 위한 트리거로 사용되었다.

- [0048] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 콜레스테릭 액정 셀의 투과광을 시간축에서 측정된 분석신호이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 도 6의 분석신호를 FBG 신호를 기준으로 파장축으로 변환한 그래프이다. 이때, 샘플링 속도는 2 M Samples/s로 측정하였으며, 따라서 스펙트럼을 약 0.35 nm 간격으로 분해할 수 있다. CLC 셀에는 함수발생기(Agilent)를 이용해 5 kHz 사인파형의 교류전압을 인가하였고, 증폭기(Trek amplifier)를 이용해 최소 20 Vrms(0.08 V/ μ m)에서 최대 860 Vrms(4.11 V/ μ m)까지 전기장을 인가하였다. 전압 인가와 CLC 셀 투과신호 측정 모두 랩뷰(Labview) 프로그램을 이용해 계획된 시간에 구동될 수 있도록 설계하였다.
- [0049] 도 8은 콜레스테릭 액정 셀에 인가되는 구동 전압을 예시한 그래프이다. 투과 신호를 측정하기 시작한 뒤로 1초 후에 구동 전압이 인가되도록 하였다. CLC 셀의 전기장 세기에 따른 정적(quasistatic) 피치 변화를 관측하기 위해, 전기장 세기를 0.1 V/ μ m 씩 증가시켜가며 투과스펙트럼을 측정하였다. 이때 측정 시점은 전기장 인가 후 수초 이후로 투과율이 더 이상 변하지 않고 안정적일 때이다.
- [0050] 도 9는 도 8의 전기장을 콜레스테릭 액정 셀에 인가함에 따른 현미경 사진과 투과율 스펙트럼 변화를 보여주는 그래프이다. 도 9의 (a)는 액정 피치가 변하지 않았을 때의 사진이고, (b)는 액정 피치가 P1으로 변했을 때의 사진이다. 도 9의 (b)의 전극들 사이의 영역 중에서 상대적으로 어두운 영역은 액정 피치가 변한 부분이다. 그 영역이 점차 아래로 이동하면서 전극 내 액정 피치가 변하게 된다. 때문에 투과율 그래프가 불연속적으로 나타나게 된다. 도 9의 (c)는 액정 피치가 P1에서 P2로 변했을 때의 사진이다. 이 경우 또한 임의의 다른 영역에서 먼저 피치가 변한 뒤 측정 영역으로 이동한다. 이는 전극 내 앵커링 전위 장벽(anchoring potential barrier)이 불균일하기 때문으로 예상된다. 즉 미세한 두께 차이 또는 불순물 등에 의해 특정 영역에서 전위 장벽이 상대적으로 낮으면 먼저 반 피치가 풀리고, 그 후 회복(relaxation)에 의해 그 영역(domain)이 점점 이동하는 것으로 예상된다. 도 9의 (d)는 0.08 V/ μ m에서 3.77 V/ μ m 까지 0.1 V/ μ m 간격으로 전기장을 증가시켰을 때의 투과율 변화를 나타낸 그래프이다. 이를 통해 피치가 P0에서 P1, P1에서 P2로 변하는 전기장 세기는 각각 1.42, 2.85 V/ μ m임을 알 수 있었다. 반사 밴드의 단파장 영역 경계값은 처음엔 42.8 nm, 두 번째에는 45.2 nm 이동하였다. 반사 밴드가 장파장으로 이동함에 따라 광원 스펙트럼 영역을 일부 벗어나게 되는데, 이 때문에 액정 피치가 변함에 따라 현미경 사진에서 IR 빔 세기가 밝아지는 것을 확인할 수 있다. 이 실험을 통해 CLC 셀이 P1 상태를 갖는 전기장 세기 범위를 파악할 수 있었다.
- [0051] 다음으로, CLC 셀의 동적 피치 변화를 관측하기 위해 전기장 인가 실험을 하였다. 도 8에 도시된 형태로, P1, P2의 임계 전기장 사이 값을 순간적으로 인가하면 액정이 P0에서 P1으로 변할 것으로 예상하였으나, 피치 변화에 걸리는 시간이 1분 이상으로 너무 느려 그보다 강한 전기장을 인가하여 피치 변화를 측정하였다. 도 10은 전기장 세기를 0.08 V/ μ m에서 2.93 V/ μ m으로 증가시켰을 때의 현미경 사진과 투과율 스펙트럼 변화 그래프로, 범례 수치는 전기장 인가 시간을 기준으로 지난 시간이며, 단위는 ms이다. 도 10의 (a), (b)는 각각 전기장이 0.08 V/ μ m, 2.93 V/ μ m가 인가된 상태이지만 모두 피치는 변하지 않은 상태이다. 도 10의 (c)는 구동 전기장이 인가된 뒤 약 13초가 지난 뒤에 피치가 P1으로 변했을 때의 사진이며, 반사 밴드가 이동하여 IR 빔 세기가 밝아진 것을 확인할 수 있다. 도 10의 (d)는 시간에 따라 액정 피치가 불연속적으로 변하는 투과율 스펙트럼을 파장축에 대해 나타낸 그래프이다. 측정 영역 내에서 기존 P0 영역이 줄어들고 P1 영역이 커지게 되어 P1 단파장 경계 영역인 1300 nm의 투과율 세기가 천천히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 도 8과 같은 구동 전압 인가 방식(normal drive method)의 경우, 액정 피치 변화는 전 영역에서 동시에 일어나지 않고 일부에서 피치가 변하면 점차 영역을 키워가면서 전 영역의 피치가 변하게 된다. 구동 전압을 더 증가시키게 되면 똑같은 과정이 더 빠르게 일어나거나 P0에서 P2로 변했으며, 순간적인 피치 풀림 과정은 관측할 수 없었다.
- [0052] 이상의 실험 결과를 통해, 콜레스테릭 액정 셀의 나선구조를 풀기(unwinding) 위해서는 결함(defect)을 나선주 기구조로부터 빼내야 하는 추가적인 힘이 필요하다고 예상하여, 오버드라이브 전압 인가 방식(overdrive method)을 CLC IPS(In-plane switching)에 적용하여 실험을 수행하였다. 도 11은 오버드라이브 방식으로 콜레스테릭 액정 셀에 인가되는 전기장 그래프이다. 구동 전압(V_0) 인가 전에 구동 전압(V_0)을 초과하는 오버드라이브 전압(V_1)을 일정 시간 동안 인가한 후, 구동 전압(V_0)을 인가하였다. 구동 전압(V_0)은 미리 설정된 임계 구동 전압 이상의 값으로 설정될 수 있다. 임계 구동 전압은 오버드라이브 전압(V_1)을 인가하지 않은 상태에서 콜레스테릭 액정 셀의 액정 피치에 변화를 일으킬 수 있는 최소의 전압일 수 있다.
- [0053] 실험예에서, 투과스펙트럼 측정을 시작한 뒤로 1초 후에 과전압(overdrive voltage)이 인가되도록 한 뒤, 설정한 시간이 흐른 뒤 구동 전압이 연이어 인가될 수 있도록 설계하였다. 이때, 오버드라이브 전압에 의해 콜레스테릭 액정 셀에 4.11 V/ μ m의 전기장을 320 ms 동안 인가한 뒤, 다시 구동 전기장 세기 2.68 V/ μ m을 인가했을 때의 시간에 따른 투과율 스펙트럼을 측정하였다. 도 12는 도 11에 도시된 오버드라이브 전압 인가 방식으로 콜

레스테틱 액정 셀에 전기장을 인가하였을 때의 현미경 사진과 투과율 스펙트럼 변화 그래프이다. 오버드라이브 전압 인가 방식의 경우, 반사 밴드 수축(reflection band compression), 비균질 나선구조(inhomogeneous helical structure), 재조직 나선구조(rebuilt helical structure) 특성을 나타냈다.

[0054] 도 12의 (a)는 오버드라이브 전기장을 인가한 뒤 73 ms에서 160 ms 동안 변화한 투과율 그래프로, 범례 수치값은 전기장 인가 시점을 기준으로 흐른 시간이며, 단위는 ms이다. 전기장 인가 후 약 73 ms 흐른 뒤 투과율 변화가 나타나기 시작하고, 그 후 84 ms 동안 반사 밴드폭이 대칭성 있게 감소하다가 결국 반사밴드가 사라진 채 반사율이 약 50%로 감소한 모습을 확인할 수 있었다. 이는 전극 경계 부근의 액정들이 셀에 수직인 방향으로 큰 전기력을 받아 배향자(director) 파도가 형성되는 것 때문으로 예상된다. 전극 부근의 액정 변화가 빠른 시간에 일어나서 이웃한 영역의 액정에 회전력을 가하게 되어 전극 중앙까지 영향을 미치게 되기 때문에 투과스펙트럼이 대칭적으로 변화되는 것으로 예상된다. 이러한 수축(compression) 현상이 일어난 후 다시 반사 밴드가 회복되었다. 이처럼 회복되는 성격을 갖는 수축 현상은 전기장 세기에 관계되며 순간적인 '반동' 성격을 갖는 것으로 예측된다. 즉 전극 부근의 수직 전기장 영향으로 전극 안쪽 배향자들의 편각 값을 변화시켜 순간적으로 복굴절(birefringence)이 감소한 것처럼 투과율 스펙트럼이 변화하는 것이다. 그렇기 때문에 CLC 반사 밴드폭이 줄어들게 되고 결국 회전반경이 감소하게 되어 비교적 작은 전기장 세기로도 배향자를 회전시킬 수 있다. 이러한 이유 때문에 전극 부근에서부터 피치 변화가 일어나게 된다. 도 12의 (b)는 오버드라이브 전압 인가 시점을 기준으로 160 ms 흐른 뒤 270 ms 동안 변화한 투과율 그래프이다. 수축(compression) 현상 이후 반사 밴드가 불안정하게 있다가 구동 전압이 320 ms 시점에 인가된 후, P0, P1 두 나선구조가 섞여 있는 모습을 보인다. 초기에는 두 성분이 비슷하게 섞여 있다가, 시간이 흐르면서 P1 구조로 변했다. 도 12의 (c)는 투과율 스펙트럼이 청색편이(blueshift)하면서 점차 안정적인 P1 상태로 변화하는 과정을 보여준다. 도 12의 (d)는 전압 인가 후 최종 피치 변화까지의 투과율 스펙트럼 변화를 나타낸 3차원 그래프이다. 전기장을 인가한 후 800 ms 이내에 액정 피치가 안정적으로 변한 것을 알 수 있다. 오버드라이브 전압 인가 방식은 목표로 하는 투과율을 단시간에 얻기 위해 구동 전압보다 높은 전압을 일정시간 인가한 뒤 목표 투과율 근처에 도달하면 다시 구동 전압으로 낮춰 인가하는 방식으로, 목표 투과율에 도달하는데 걸리는 시간(τ_R)을 단축시킬 수 있다.

[0055] 본 발명의 실시예에 의하면, 넓은 밴드 폭의 파장 홀름 레이저를 이용해 수평 콜레스테릭 액정셀의 동적 피치 변화를 단시간 내에 측정할 수 있다. 기존의 준 안정적인 피치 변화에서는 좁은 임의의 영역에서 피치가 변화하고 그 영역이 확대되어 전체가 변하는 방식이어서 피치가 풀리는 전후 과정을 관측할 수 없었으며, 피치 풀림(helix unwinding)과 회복(relaxation) 모두를 관측하기 어려웠다. 또한, 피치 변화가 전 영역에서 동시에 일어나지 않아 측정 영역의 피치가 천천히 불연속적으로 변했다.

[0056] 오버드라이브 전압 인가 방식의 경우, 수십 ms 뒤에 반사 밴드 수축(compression) 현상이 일어났으며, 그 주기 구조가 관측되지 않았다. 그 후 구동 전기장(driving field)이 인가되면, 그 전기장 세기에서 정적 피치 상태(static pitch state)로 변했으며 전체 변화 시간은 약 800 ms이다. 오버드라이브 전압 인가 방식의 경우, 일반 구동 전압 인가 방식에 비해 약 10배 이상 빠르고 안정적으로 변화시킬 수 있으며, 콜레스테릭 액정의 동적 피치 변화 과정을 짧은 시간 내에 관측할 수 있다.

[0057] 본 발명의 실시예에 따른 광학 센서는 자극 인가부(150)를 포함하지 않을 수 있는 점과, 분석부(190)가 외부 자극을 측정하도록 구성되는 점을 제외하고, 도 1에 도시된 액정 피치 관찰 장치와 유사한 구조를 가질 수 있다. 광학 센서의 분석부(190)는 투과광의 스펙트럼에 기초하여 외부 자극을 분석할 수 있다. 일 실시예로, 분석부(190)는 콜레스테릭 액정 셀(140)의 나선구조의 배열 방향에 수직 방향으로 인가되는 전기장의 세기를 측정할 수 있다. 분석부(190)는 앞서 설명한 액정 피치 변화 측정 방법에 의해 획득한 콜레스테릭 액정 셀(140)의 액정 피치 동적 변화 특성을 이용하여, 콜레스테릭 액정 셀(140)의 투과스펙트럼으로부터 외부 자극을 측정할 수 있다.

[0058] 본 발명의 실시예에 따른 광학 센서에 의하면, 콜레스테릭 액정 셀로부터 출력되는 투과광의 스펙트럼 변화를 파장 홀름 레이저를 이용해 시간 영역에서 빠르게 측정한 후 파장 영역으로 변환하여, 콜레스테릭 액정 셀의 투과스펙트럼의 변화를 짧은 시간(예를 들어, 약 1초) 내에 측정할 수 있으며, 콜레스테릭 액정 셀의 투과스펙트럼 변화로부터 외부 자극(전기장 등)을 분석할 수 있다.

[0059] 이상의 실시예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시예들도 본 발명의 범위에 속하는 것임을 이해하여야 한다. 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명까지 미치는 것임을

이해하여야 한다.

부호의 설명

[0060]

100: 액정 피치 변화 측정 장치

110: 파장 홀음 레이저

120: 광커플러

130: 사분 파장판

140: 콜레스테릭 액정 셀

150: 자극 인가부

160: 서큘레이터

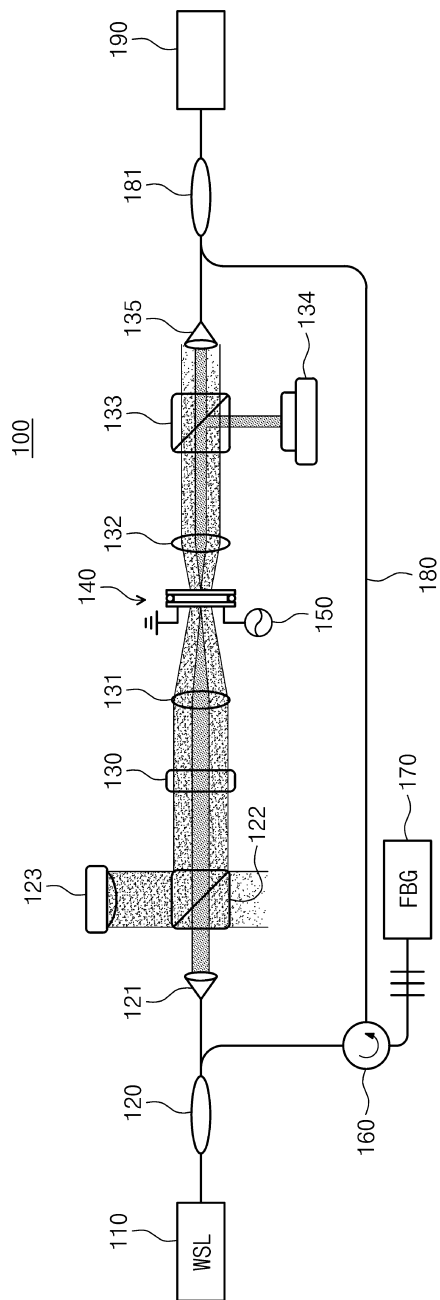
170: 광섬유 격자 소자

180: 광전달부

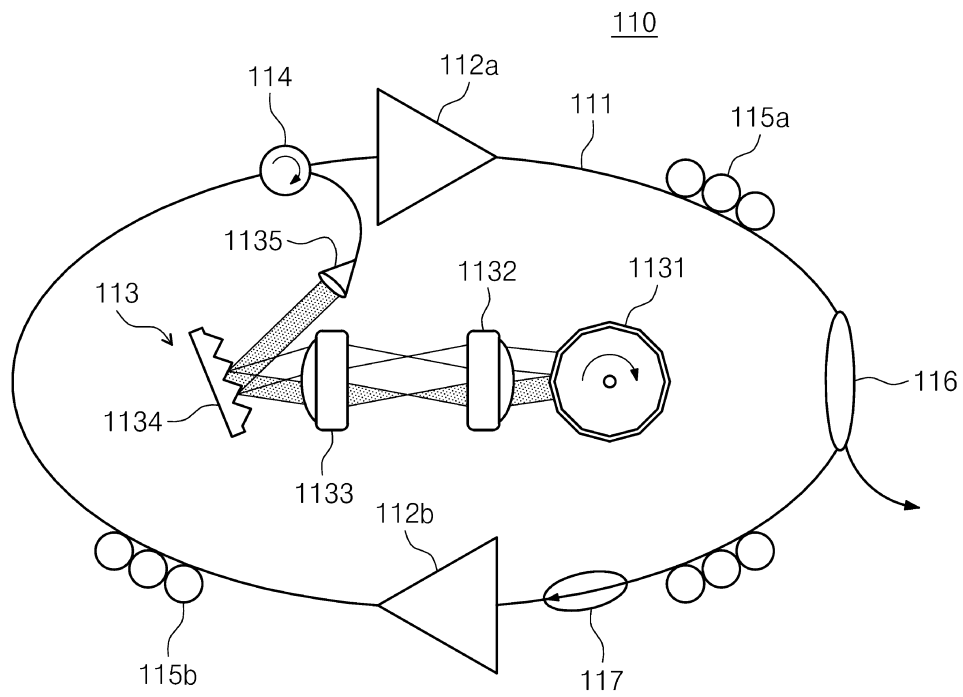
190: 분석부

도면

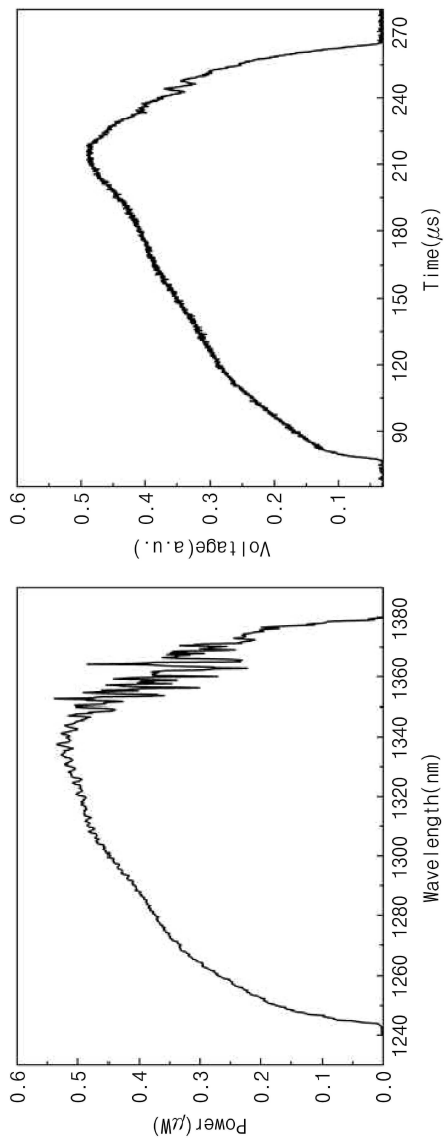
도면1



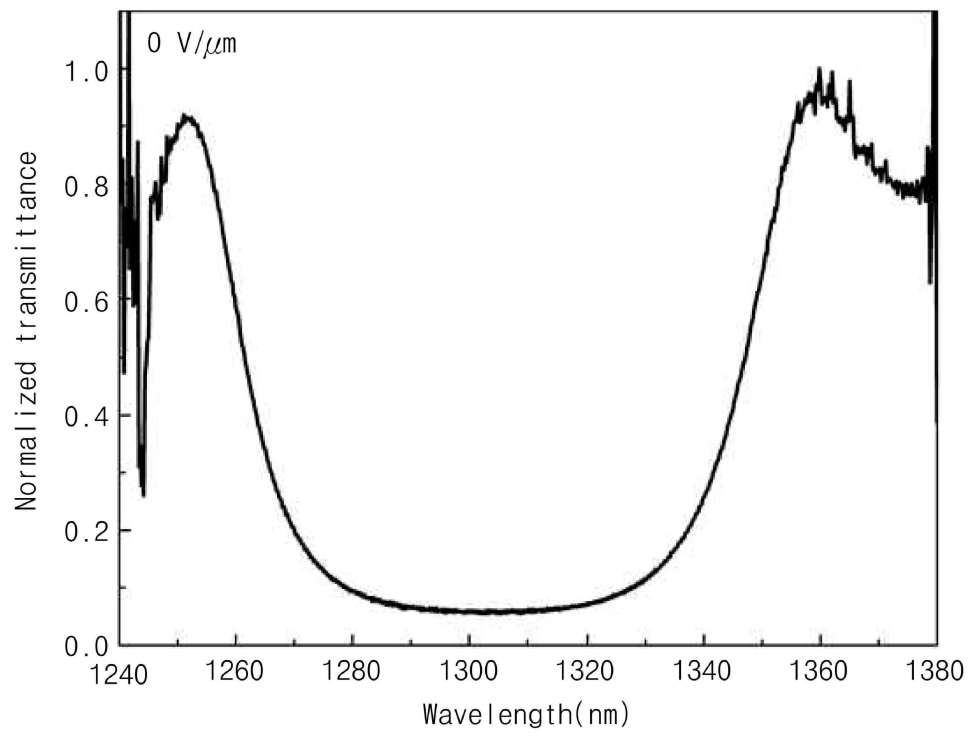
도면2



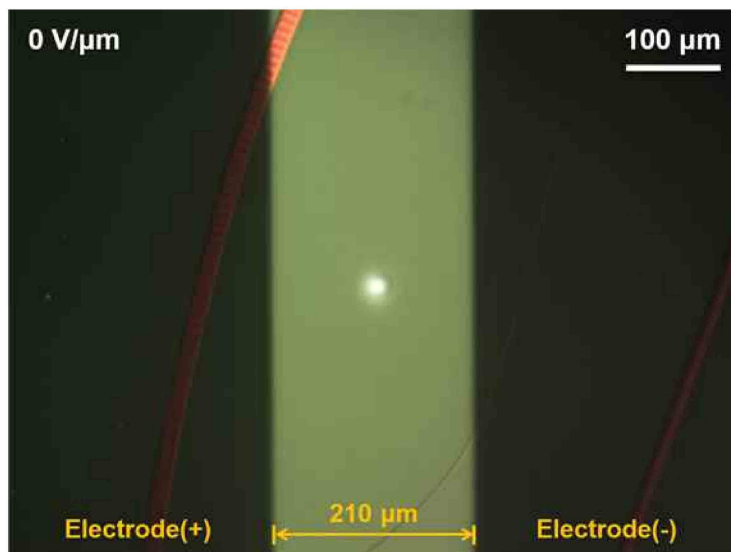
도면3



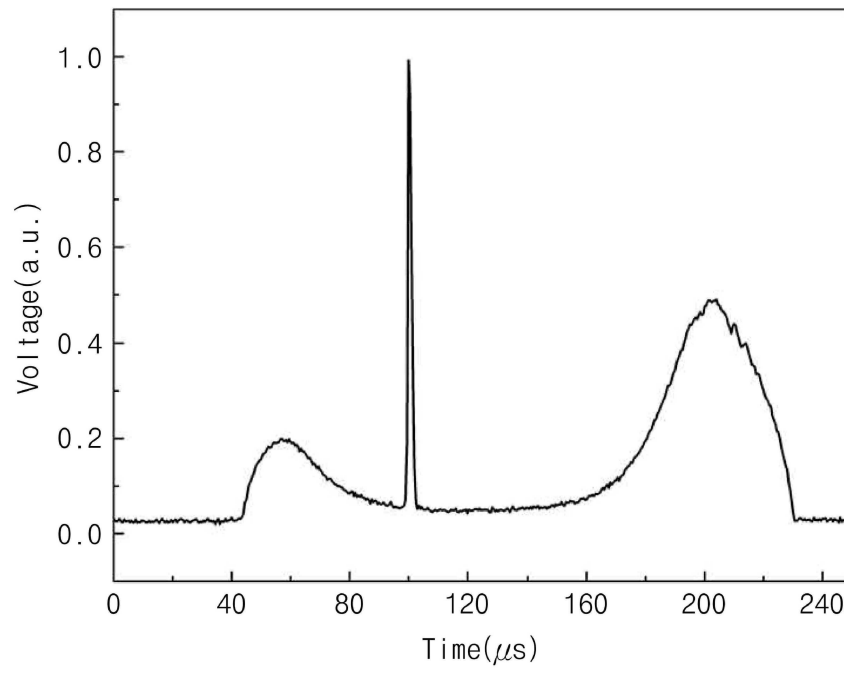
도면4



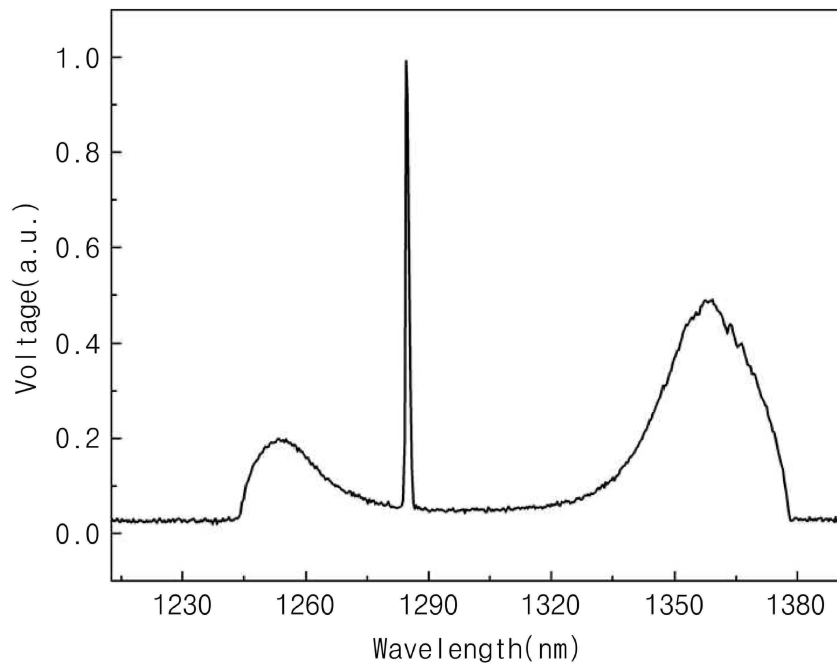
도면5



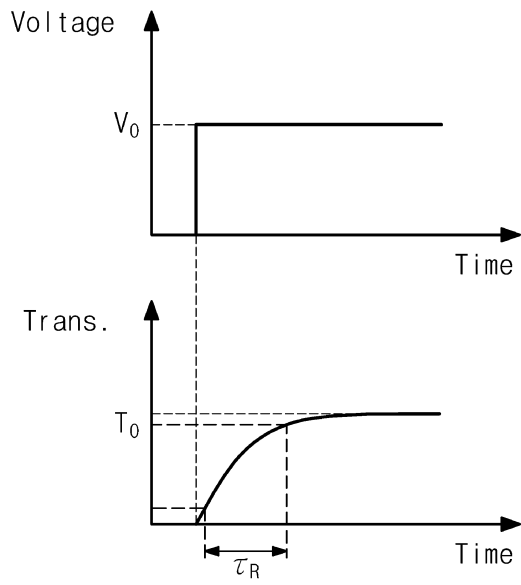
도면6



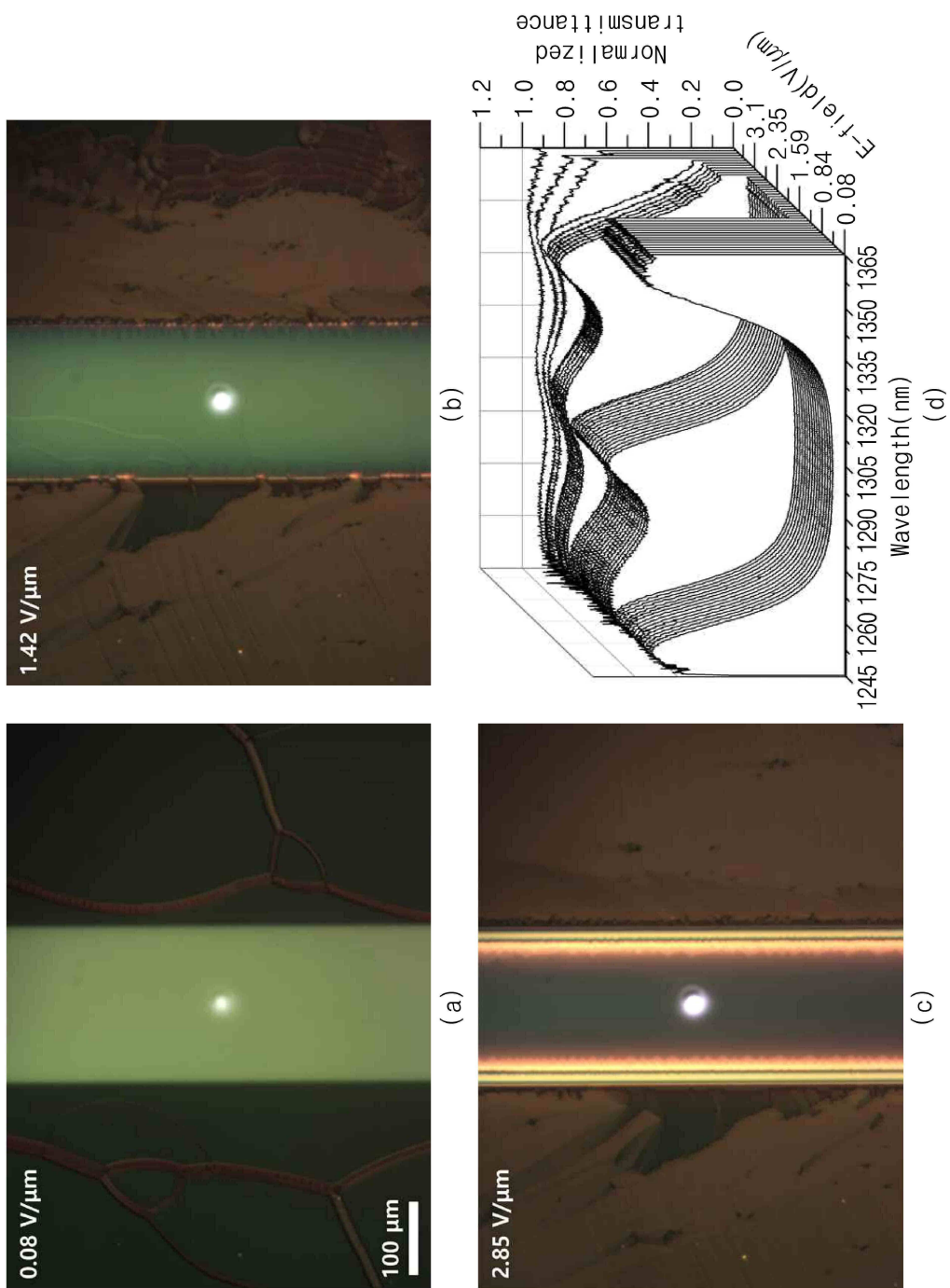
도면7



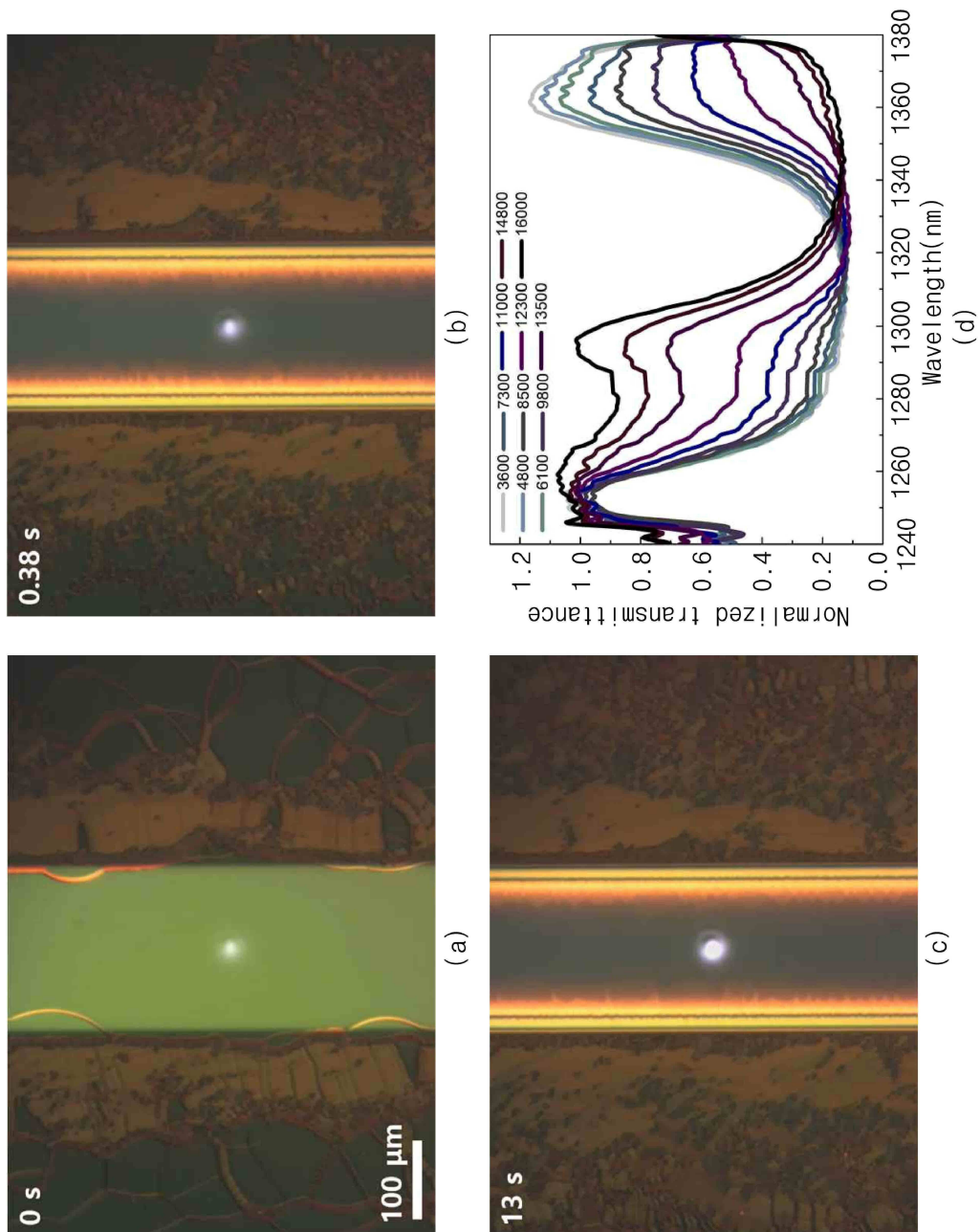
도면8



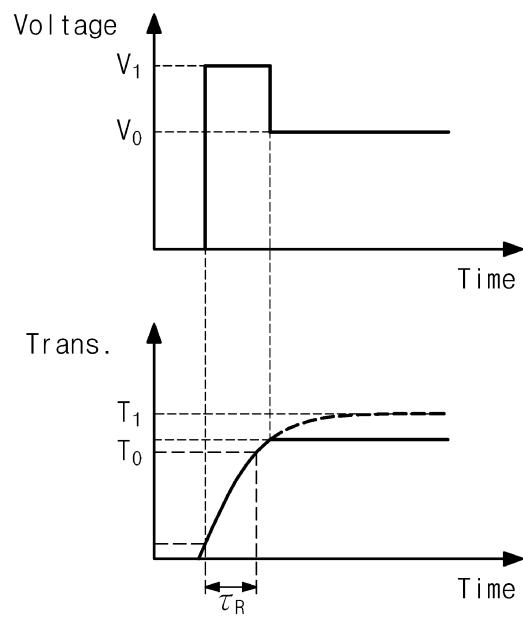
도면9



도면10



도면11



도면12

