

(72) 발명자

고명옥

충청남도 천안시 동남구 북중길 11-11

김성조

대전광역시 유성구 한밭대로313번길 28, 306호

이봉완

대전 서구 청사서로 70, 102동 706호 (월평동, 무궁화아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345211472

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 지역기초연구활성화(교육부)

연구과제명 구조물 안전 진단을 위한 휴대형 분포형 광섬유 센서 개발

기 여 율 1/2

주관기관 충남대학교

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.03.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345198842

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원(교육부)

연구과제명 다기능 파장 및 시간 다중 스마트 광섬유 센서 구현 연구

기 여 율 1/2

주관기관 충남대학교

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀름 레이저;

인가되는 전기 신호의 세기에 따라, 상기 광신호에 상응하는 입력광의 파장을 변화시키는 액정을 포함하며, 변화된 파장을 갖는 투과광을 출력하는 액정 소자; 및

시간 영역에서 상기 투과광에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 위치 변화를 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정된 상기 투과광의 파장에 기초하여 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 전기신호 측정부를 포함하는 광섬유 전기장 센서.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 액정 소자는, 상기 액정을 포함하는 파브리-페롯 에탈론(fabry-perot etalon)을 포함하는 광섬유 전기장 센서.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 파장 홀름 레이저로부터 상기 광신호를 입력받고, 상기 광신호를 선편광으로 변환하여 상기 입력광을 상기 액정 소자로 출력하는 편광자를 더 포함하는 광섬유 전기장 센서.

청구항 4

빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀름 레이저를 포함하는 광섬유 전기장 센서로서,

상기 파장 홀름 레이저는,

상기 파장 홀름 레이저의 광 경로에서, 인가되는 전기 신호의 세기에 따라 입력광의 투과 파장을 변화시키는 액정을 포함하고, 변화된 파장을 갖는 투과광을 출력하는 액정 소자를 포함하며,

상기 광섬유 전기장 센서는,

상기 투과광에 따라 변화되는 상기 광신호에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정된 상기 투과광의 파장에 기초하여 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 전기신호 측정부를 더 포함하는 광섬유 전기장 센서.

청구항 5

빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀름 필터를 포함하는 다중 발진 레이저로서,

상기 다중 발진 레이저는, 상기 다중 발진 레이저의 광 경로에서, 인가되는 전기 신호의 세기에 따라 투과광의 파장을 변화시키는 액정을 포함하고, 상기 액정에 의해 변화된 복수의 파장을 갖는 투과광을 출력하는 액정 소자를 더 포함하고,

상기 투과광에 따라 변화되는 상기 광신호에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정된 상기 투과광의 파장에 기초하여 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 전기신호 측정부를 더 포함하는 다중 발진 레이저.

청구항 6

빛의 파장을 가변하여 출력하는 파장 홀름 레이저로부터 제공되는 광신호에 상응하는 입력광의 투과 파장을 전기 신호가 인가된 액정을 포함하는 액정 소자에 의하여 변화시키는 단계; 및

상기 액정 소자로부터 출력되는 투과광에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 상기 투과광의 파장으로부터 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 단계를 포함하는 전기장 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광섬유 전기장 센서(fiber optic electric field sensor) 및 전기장 측정 방법에 관한 것이다. 본 발명은 교육부 한국연구재단의 구조물 안전 진단을 위한 휴대형 분포형 광섬유 센서 개발 과제(과제번호 2013H1B8A2032213)의 일환으로 수행한 연구 및 다기능 파장 및 시간 다중화 스마트 광섬유 센서 구현 연구 과제(과제번호 2010-0022645)의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 고압선의 위험성으로 인한 사회적인 문제점이 발생하고 있다. 광섬유 전자기파 센서는 고압선에서 발생하는 전자기파의 세기를 검출하여 고압선에서의 전압이나 전류 변화 등을 실시간으로 감지하여 이상 유무를 조기에 판단하고 문제를 조기에 차단할 수 있다. 하지만, 기존의 광섬유 전자기파 센서는 고속으로 변화하는 전기장의 세기 및 진동수를 실시간으로 측정하는데 한계가 따른다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 고속으로 변화하는 전기장의 세기 및 진동수를 실시간으로 측정할 수 있는 광섬유 전기장 센서 및 전기장 측정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0004] 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

[0005] 본 발명의 일 측면에 따른 광섬유 전기장 센서는, 빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀음 레이저; 인가되는 전기 신호의 세기에 따라, 상기 광신호에 상응하는 투과광의 파장을 변화시키는 액정을 포함하며, 변화된 파장을 갖는 투과광을 출력하는 액정 소자; 및 시간 영역에서 상기 투과광에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정된 상기 투과광의 파장에 기초하여 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 전기신호 측정부를 포함한다.

[0006] 본 발명의 일 실시 예에서, 상기 액정 소자는, 상기 액정을 포함하는 파브리-페롯 에탈론(fabry-perot etalon)을 포함한다.

[0007] 본 발명의 일 실시 예에서, 상기 광섬유 전기장 센서는, 상기 파장 홀음 레이저로부터 상기 광신호를 입력받고, 상기 광신호를 선편광으로 변환하여 상기 입력광을 상기 액정 소자로 출력하는 편광자를 더 포함한다.

[0008] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀음 레이저를 포함하는 광섬유 전기장 센서로서, 상기 파장 홀음 레이저는, 상기 파장 홀음 레이저의 광 경로에서, 인가되는 전기 신호의 세기에 따라 투과광의 파장을 변화시키는 액정을 포함하고, 변화된 파장을 갖는 투과광을 출력하는 액정 소자를 포함하며, 상기 광섬유 전기장 센서는, 상기 투과광에 따라 변화되는 상기 광신호에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정된 상기 투과광의 파장에 기초하여 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 전기신호 측정부를 더 포함하는 광섬유 전기장 센서가 제공된다.

[0009] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀음 필터를 포함하는 다중 발진 레이저로서, 상기 다중 발진 레이저는, 상기 다중 발진 레이저의 광 경로에서, 인가되는 전기 신호의 세기에 따라 투과광의 파장을 변화시키는 액정을 포함하고, 상기 액정에 의해 변화된 복수의 파장을 갖는 투과광을 출력하는 액정 소자를 포함하고, 상기 투과광에 따라 변화되는 상기 광신호에 상응하는 분석신호를 이루는

펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정한 상기 투과광의 파장에 기초하여 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 전기신호 측정부를 더 포함하는 다중 발진 레이저가 제공된다.

[0010] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 빛의 파장을 가변하여 출력하는 파장 훑음 레이저로부터 제공되는 광신호에 상응하는 입력광을 전기 신호가 인가된 액정을 포함하는 액정 소자에 투과시켜 투과광의 파장을 변화시키는 단계; 및 상기 액정 소자로부터 출력되는 투과광에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여 상기 투과광의 파장을 측정하고, 상기 투과광의 파장으로부터 상기 전기 신호의 세기 및 진동수 중의 적어도 하나를 측정하는 단계를 포함하는 전기장 측정 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 실시 예에 의하면, 고속으로 변화하는 전기장의 세기 및 진동수를 실시간으로 측정할 수 있다.

[0012] 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

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 개략적으로 보여주는 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 액정 소자를 개략적으로 보여주는 단면도이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 파장 훑음 레이저에서 출력되는 광신호를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 액정 소자에서 출력되는 투과광을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 3c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 액정 소자로부터 시간에 따라 출력되는 투과광에 상응하는 분석신호를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 개략적으로 보여주는 구성도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 발진 레이저를 개략적으로 보여주는 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술하는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 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.

[0015] 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서는 전기장을 검출하기 위해 제공되는 것으로, 빛의 파장을 고속으로 가변시키는 파장 훑음 레이저를 광원으로 사용하며, 파장 훑음 레이저에서 출력된 후 액정을 입힌 물질(액정 소자)를 통해 투과한 신호의 파장 변화를 시간 영역에서 실시간으로 측정하여, 액정 소자 주위에 걸린 전기 신호의 세기 및 진동수의 실시간 변화를 측정한다.

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 개략적으로 보여주는 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서(100)는 파장 훑음 레이저(110), 액정 소자(120), 및 전기신호 측정부(130)를 포함한다.

[0017] 파장 훑음 레이저(wavelength swept laser)(110)는 빛의 파장을 고속으로 가변하여 광신호를 출력한다. 일 예로, 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)(116a, 116b), 및 콜리메이터(117)를 포함할 수 있다.

- [0018] 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.
- [0019] 셔클레이터(114)는 광선로(111)에서 광이 한쪽 방향(예를 들어, 반시계 방향)으로 흐르도록 광의 방향을 제한한다. 편광조절기(115a, 115b)는 편광을 조절한다. 커플러(116a, 116b)는 광선로(111)에 흐르는 광신호를 분기시켜 출력한다. 이에 따라, 광신호는 콜리메이터(117)를 통해 파장 홀음 레이저(110)로부터 출력된다. 파장 홀음 레이저(110)는 도 1에 도시된 실시 예로 한정되지 않으며, 빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 것이라면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다.
- [0020] 파장 홀음 레이저(110)에서 출력된 광신호는 편광자(polarizer)(150)로 입력된다. 편광자(150)는 액정 소자(120)의 이상 광선 굴절률(n_e)의 변화가 정확히 측정될 수 있도록, 파장 홀음 레이저(110)로부터 입력받은 광신호를 선편광으로 변환하여 상기 광신호에 상응하는 입력광을 액정 소자(120)로 출력한다.
- [0021] 액정 소자(120)는 편광자(150)로부터 광신호에 상응하는 상기 입력광을 입력받는다. 액정 소자(120)는 전기신호 발생부(140)에 의해 인가되는 전기 신호의 세기에 따라 투과광의 파장을 변화시키는 액정을 포함하며, 변화된 파장을 갖는 투과광을 출력한다. 액정 소자(120)는 전기신호 발생부(140)에서 발생하는 전기 신호의 세기 및 진동수를 측정하기 위해, 전기신호 발생부(140)에 연결된다. 본 발명의 일 실시 예에서, 액정 소자(120)는 액정을 포함하는 파브리-페롯 에탈론(fabry-perot etalon)을 포함할 수 있다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 액정 소자를 개략적으로 보여주는 단면도이다. 도 2를 참조하면, 액정 소자(120)는 제1 기판(121), 제2 기판(122), 제1 기판(121) 상에 형성되는 제1 전극(123), 제2 기판(122) 상에 형성되는 제2 전극(124), 제1 전극(123) 상에 형성되는 제1 보호층(125), 제2 전극(124) 상에 형성되는 제2 보호층(126), 제1 보호층(125) 및 제2 보호층(126) 사이에 형성되는 액정층(liquid crystal layer)(127)을 포함한다. 액정 소자(120)의 두 전극(123, 124) 사이에 전기신호 발생부(140)에서 발생된 전기 신호가 인가된다.
- [0023] 기판(121, 122)은 예를 들어, 실리콘 기판, 플라스틱 기판 등으로 제공될 수 있다. 전극(123, 124)은 예를 들어, 금, 백금, 은, 구리 등의 금속 혹은 도전성의 비금속으로 이루어질 수 있다. 보호층(125, 126)은 예를 들어, 폴리이미드층(polyimide layer)으로 제공될 수 있다. 액정층(127)은 예를 들어, 4-시아노-4'-펜틸바이페닐(4-cyano-4'-pentylbiphenyl, 5CB) 등의 네마틱(nematic) 액정 분자로 이루어질 수 있다.
- [0024] 도 3a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 파장 홀음 레이저에서 출력되는 광신호를 예시적으로 보여주는 도면이고, 도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 액정 소자에서 출력되는 투과광을 예시적으로 보여주는 도면이고, 도 3c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 구성하는 액정 소자로부터 시간에 따라 출력되는 투과광에 상응하는 분석신호를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 3a 내지 도 3b에서 세로 축은 광의 세기(intensity)를 나타내고, 도 3c에서 세로 축은 투과광에 상응하는 분석신호의 전압 값을 나타낸다. 도 3a를 참조하면, 파장 홀음 레이저(110)에서 출력되는 광신호는 시간에 따라 가변적인 파장으로 출력된다.
- [0025] 도 1, 도 3b 내지 도 3c를 참조하면, 액정 소자(120)는 파장 홀음 레이저(110)에서 출력된 광신호에 상응하는 입력광을 필터링하며, 이에 따라 액정 소자(120)로부터 시간에 따라 다른 피크 파장을 갖는 투과광이 출력된다. 이때, 전기신호 발생부(140)에 의하여 액정 소자(120)에 인가된 전기 신호의 실시간 세기 변화에 따라, 액정 소자(120)를 이루는 액정의 주기적인 배열이 변화하고, 그에 따라 입사광이 겪는 액정의 이상 광선 굴절률이 변화하므로, 액정 소자(120)를 투과한 투과광은 변화된 액정의 유효굴절률에 따라 파장이 변화한다. 액정 소자(120)로부터 출력된 투과광은 변화된 투과광의 파장을 측정하기 위해, 콜리메이터(collimator)(160)와 같은 수신부를 통해 전기 신호 측정부(130)로 입력된다.
- [0026] 다시 도 1을 참조하면, 일 실시 예로, 액정 소자(120)를 투과한 신호로부터 전기신호 발생부(140)에서 발생된 전기 신호의 세기 및 진동수를 측정하기 위한 기준 신호를 만들기 위해, 광 커플러(116b)에 의해 분기된 광신호

는 써큘레이터(circulator)(118) 및 광섬유 브래그 격자(fiber Bragg grating, FBG)(119)로 제공된다. 써큘레이터(118)와 광섬유 브래그 격자(119)에서 나온 기준 신호는 액정 소자(120)를 투과한 펄스 신호의 처리를 위하여 전기 신호 측정부(130)로 입력된다. 기준 신호는 광섬유 브래그 격자(119) 이외에 다른 방식으로 생성될 수도 있다.

[0027] 전기신호 측정부(130)는 액정 소자(120)를 투과한 펄스 신호와, 써큘레이터(118) 및 광섬유 브래그 격자(119)로부터 제공된 기준 신호를 입력받는다. 전기신호 측정부(130)는 액정 소자(120)로부터 제공받은 투과광에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여, 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정한 투과광의 파장에 기초하여 전기신호 발생부(140)에서 발생한 전기 신호의 세기 및 진동수를 측정한다. 즉, 파장 홀름 레이저(110)의 분광 영역(spectral domain)에서의 파장 변화가 시간 영역(time domain)에서 펄스의 피크 위치의 변화로 정확히 일대일로 대응되는 특징을 이용하여, 분광영역에서 파장이 변화하는 것을 측정하는 대신, 시간 영역에서 펄스의 위치가 변화하는 것을 고속 검출기를 이용하여 측정함으로써, 액정 소자(120)에 인가된 전기 신호의 변화를 측정할 수 있으며, 액정 소자(120)에 걸린 전기적인 신호가 고속으로 가변하는 때에도 이를 실시간으로 측정할 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서(100)는 액정 소자(120)에서 출력된 투과광을 전기적인 신호로 변환하는 광전변환부, 예를 들어 포토다이오드(photo diode)(미도시)를 더 포함할 수 있다. 이때, 분석신호는 액정 소자(120)에서 출력된 투과광으로부터 포토다이오드에 의해 변환된 전기적인 신호일 수 있다. 도 1 및 도 3c를 참조하면, 전기신호 측정부(130)는 예를 들어, 액정 소자(120)를 통과한 투과광의 서로 다른 피크 파장을 갖는 펄스들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 펄스의 시간(t_0) 변화를 기준 신호에 대해 측정하거나, 임의의 두 펄스들 간의 시간차(Δt) 변화를 측정하여, 액정 소자(120)에 인가된 전기 신호의 변화를 측정할 수 있다.

[0029] 액정 소자(120)의 액정, 예를 들어 네마틱 액정은 주위에 걸린 전기적 신호의 세기에 따라서 입사하는 빛의 편광과 관련하여 정상 광선 굴절률과 이상 광선 굴절률을 느끼게 되는데, 이때 액정 소자(120)에 인가되는 전기적 신호에 따라 액정 소자(120)를 이루는 액정의 분자들의 배열이 달라져 굴절률이 변화한다. 즉, 파장 홀름 레이저(110)로부터 출력되는 광신호의 편광을 선편광으로 맞추고, 전기 신호가 걸린 액정 소자(120)에 입사하면, 전기 신호의 세기에 따라서 입사광이 겪는 액정의 이상 광선 굴절률이 변하게 되고, 이에 따라 액정 소자(120)에서 투과한 빛의 파장이 바뀌게 된다. 입사광이 겪는 액정의 정상 광선 굴절률은 전기 신호의 세기에 따라 변하지 않으므로, 이에 따라 액정 소자(120)에서 투과한 빛의 파장이 바뀌지 않는 투과광(정상 광선)이 기준 신호로 이용될 수 있다.

[0030] 전기신호 발생부(140)에서 발생하는 전기적인 신호가 kHz 급으로 가변할 때, 액정 소자(120)를 투과하는 빛은 정상 광선 굴절률과 이상 광선 굴절률을 동시에 겪거나, 편광자 방향에 따라 이상 광선 굴절률만 겪게 되고, 이에 따라 액정 소자(120)로부터 투과되는 투과광의 파장도 kHz 급으로 변하게 된다. 이때, 네마틱 액정에서 정상 광선 굴절률에 대한 투과 파장은 고정적으로 출력되며, 이상 광선 굴절률에 대한 투과 파장은 전기적인 신호의 세기에 따라 이상 광선 굴절률이 변하기 때문에, 투과광의 파장이 변화한다.

[0031] 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서(100)는 광원으로서 고속으로 파장이 변화하는 파장 홀름 레이저를 사용하기 때문에, 전기적인 신호가 실시간으로 변화함에 따른 액정의 유효굴절률이 실시간에 따라 변화하여, 이를 투과하는 빛의 파장도 실시간으로 변화한다. 하지만, 파장 분석기 등으로 파장 변화를 측정하기에는 응답시간이 길어서 제대로 측정할 수가 없다.

[0032] 따라서, 파장 홀름 레이저(110)에서 파장 영역과 시간 영역의 일대일 대응 특성을 이용하여, 투과광의 파장 변화를 시간 영역에서 펄스의 위치 변화로 대응시킬 수 있으며, 펄스의 위치 변화는 고속 응답 특성을 갖기 때문에, 광검출기를 이용하여 수 kHz의 전기적인 신호 변화에 대해서도 실시간 측정이 가능하다.

[0033] 다시 말해, 분광 영역에서 특정 파장의 빛이 발생할 때 시간 영역에서 이에 대응되는 펄스가 발생하고, 분광 영역에서 파장이 가변되면, 시간 영역에서는 펄스의 위치가 변하게 된다. 따라서, 액정의 주기적인 배열이 변하여 유효 굴절률이 변하면, 액정 소자(120)를 통과한 투과광의 파장이 변하게 되고, 이를 오실로스코프 등의 장치를 통해 시간 영역에서 관측하면, 펄스의 위치가 변하는 것을 볼 수 있으며, 이러한 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 측정하여 투과광의 파장이 얼마나 이동하는지를 파악하여 액정 소자(120)에 인가된 전기장의 세기 및 진동수를 알아낼 수 있다. 이때 기준 신호로써 정상 광선이나 외부의 기준 신호 등을 이용할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서는 빛의 투과 특성에 따른 파장 변화를 실시간으로 측정하여 전기장의 실시간 변화를 측정할 수 있으며, 교류 전압이나 전기적인 신호가 급변하는 곳의 전기장 센서로 활용 가능하다.

- [0034] 도 4는 본 발명의 다른 일 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서를 개략적으로 보여주는 구성도이다. 도 4의 실시 예를 설명함에 있어서, 도 1 내지 도 2의 실시 예와 동일하거나 상응하는 구성요소에 대하여는 중복되는 설명을 생략할 수 있다. 도 4에 도시되지 않았으나, 도 1에 도시된 바와 같은 파장 가변부(113)가 도 4의 실시 예에도 적용될 수도 있다. 도 4의 실시 예에 따른 광섬유 전기장 센서(100)는 파장 홀음 레이저(110) 내에 액정 소자(120)가 제공된다. 액정 소자(120)는 파장 홀음 레이저(110)의 광 경로, 즉 광선로(111) 상의 일 측에 제공되며, 광선로(111)를 따라 흐르는 광(입력광)의 특정 파장을 투과시키는 액정을 포함한다. 액정 소자(120)는 광선로(111) 상에서 광의 투과 파장을 변화시켜 투과광을 출력한다. 파장 홀음 레이저(110)에서 광신호의 발진 파장은 액정 소자(120)에 인가되는 전기 신호에 따라 변화한다.
- [0035] 전기신호 측정부(130)는 파장 홀음 레이저(110)로부터 출력되는 광신호와, 씨클레이터(118) 및 광섬유 브래그 격자(119)로부터 제공되는 기준 신호를 입력받는다. 전기신호 측정부(130)는 파장 홀음 레이저(110)로부터 출력되는 광신호에 상응하는 분석신호를 이루는 펄스의 기준 신호에 대한 위치 변화를 시간 영역에서 측정하여, 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정한 투과광의 파장에 기초하여, 전기신호 발생부(140)에서 발생하는 전기 신호의 세기 및 진동수를 측정한다.
- [0036] 즉, 액정 소자(120)에 전기적인 신호를 걸어주면 액정의 유효 굴절률 변화에 따라 레이저 공진기 안에서 발진하는 파장이 변하게 되며, 발진하는 파장이 변하는 양을 측정하여 액정 소자(120)에 걸어진 전기적인 신호의 크기를 알 수 있고, 발진하는 파장 사이 간격의 진동하는 주기를 측정하여 액정 소자(120)에 걸어진 전기적인 신호의 진동수를 알 수 있다. 이때 측정 방법으로 분광영역에서 파장 변화를 측정하는 대신 시간 영역에서 파장 변화를 측정할 수 있다.
- [0037] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 발진 레이저를 개략적으로 보여주는 구성도이다. 도 5를 참조하면, 다중 발진 레이저(10)는 빛의 파장을 가변하여 광신호를 출력하는 파장 홀음 필터(110)를 포함한다. 도 5의 실시 예를 설명함에 있어서, 도 1 내지 도 2, 도 4의 실시 예와 동일하거나 상응하는 구성요소에 대하여는 중복되는 설명을 생략할 수 있다. 도 5의 실시 예에 따른 다중 발진 레이저(10)는 파장 홀음 필터(110) 내에 액정 소자(120)가 제공된다. 액정 소자(120)는 다중 발진 레이저(10)의 광 경로, 즉 광선로(111) 상의 일 측에 제공되며, 광선로(111)를 따라 흐르는 광(입력광)의 투과 파장을 변화시키는 액정을 포함한다.
- [0038] 액정 소자(120)는 광선로(111) 상에서 광(투과광)의 파장을 변화시켜 서로 다른 복수의 파장을 갖는 투과광을 출력한다. 파장 홀음 필터(110)에서 광신호의 발진 파장들은 액정 소자(120)에 인가되는 전기 신호에 따라 변화한다. 따라서, 전기신호 발생부(140)에서 발생하는 전기 신호를 조절하여, 다중 발진 파장을 조절할 수 있다.
- [0039] 전기신호 측정부(130)는 파장 홀음 필터(110)로부터 출력되는 광신호에 상응하는 분석신호를 이루는 복수의 펄스들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 펄스의 위치 변화, 혹은 임의의 두 펄스들 간의 시간차를 시간 영역에서 측정하여, 상기 투과광의 파장을 측정하고, 측정한 투과광의 파장에 기초하여, 전기신호 발생부(140)에서 발생하는 전기 신호의 세기 및 진동수를 측정할 수 있다.
- [0040] 예를 들어, 광섬유 레이저 공진기 안에 액정을 주입한 파브리-페롯 에탈론을 삽입하고, 액정에 전기적인 신호를 걸어주면 파브리-페롯 에탈론을 투과한 투과광의 자유분광범위(FSR; free spectral range)에 따라 파장 홀음 필터에서 다중 파장이 발진한다. 이때, 전기신호 발생부(140)에 의해 인가되는 전기적인 신호에 따라 발진되는 다중 파장이 변하게 되어, 파장 가변 다중 파장 광섬유 레이저를 구현할 수 있다.
- [0041] 이상의 실시 예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시 예들도 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 발명에 대하여까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

부호의 설명

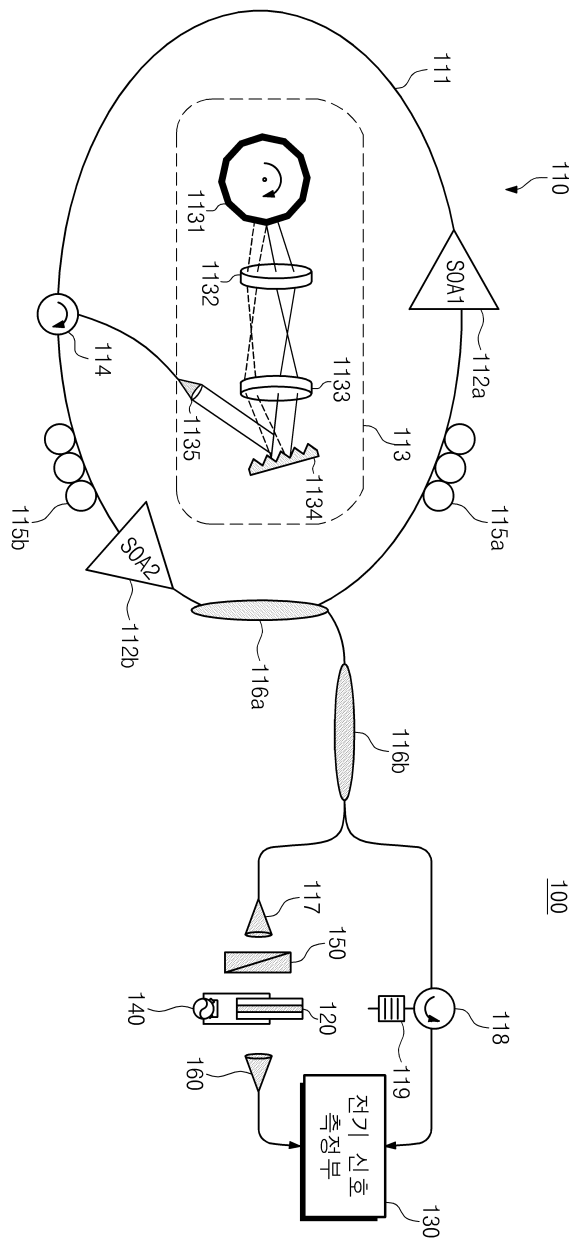
- [0042] 100: 광섬유 전기장 센서
110: 파장 홀음 레이저
120: 액정 소자
130: 전기신호 측정부

140: 전기신호 발생부

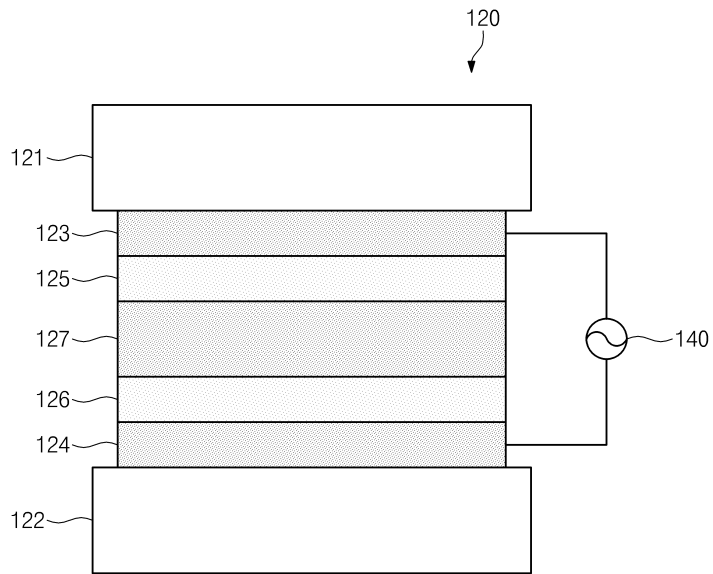
150: 편광자

도면

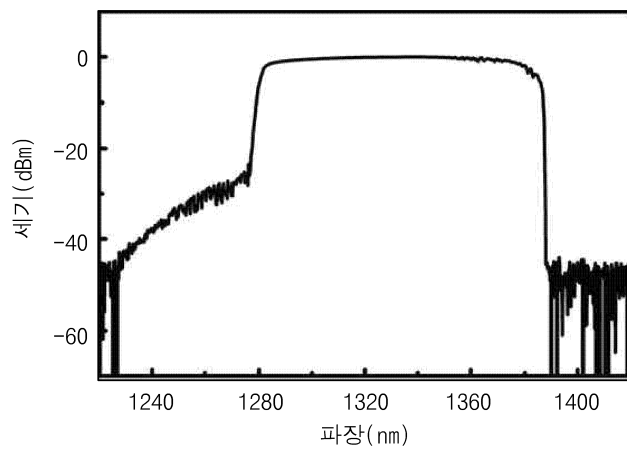
도면1



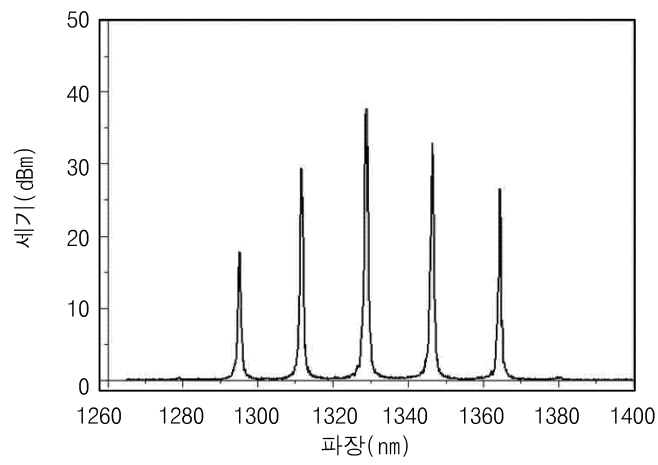
도면2



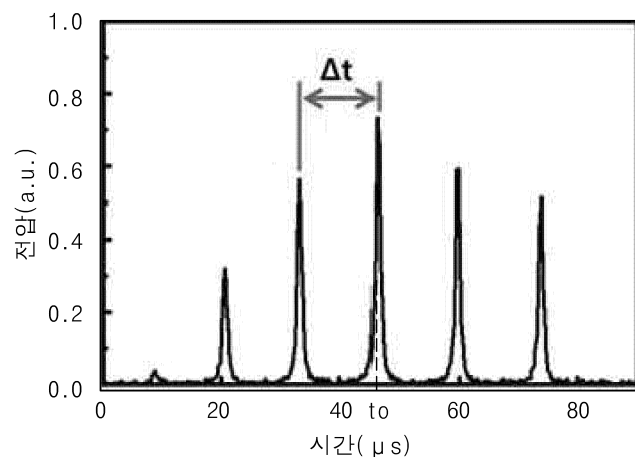
도면3a



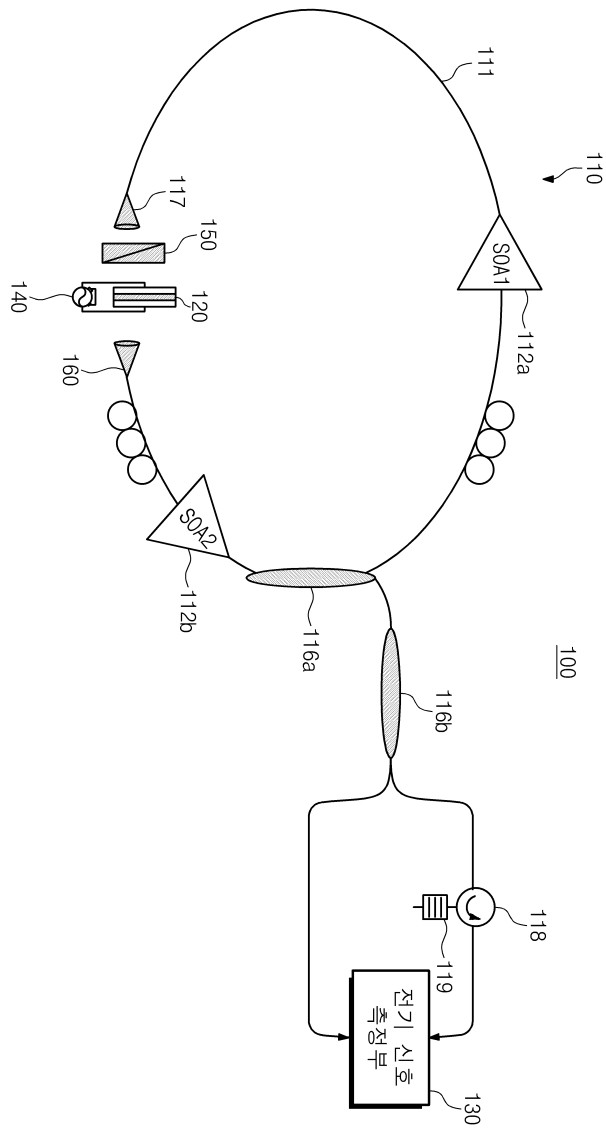
도면3b



도면3c



도면4



도면5

