



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0103518  
(43) 공개일자 2023년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/17 (2006.01) G01N 21/31 (2006.01)  
G01N 21/43 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/171 (2013.01)  
G01N 21/1702 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0194454  
(22) 출원일자 2021년12월31일  
심사청구일자 2021년12월31일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
주철민  
경기도 고양시 일산서구 강선로 92  
김의한  
서울특별시 서대문구 성산로24길 41  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 플러스

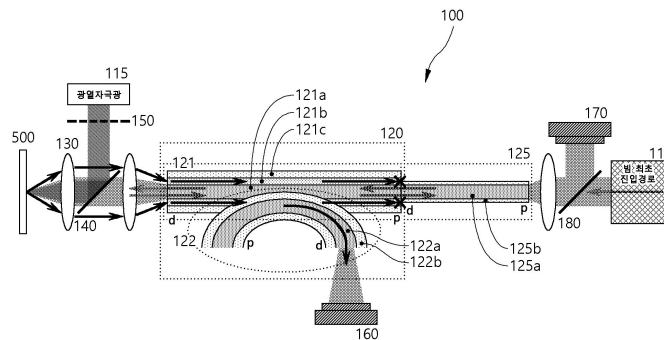
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명의 목적은 광열자극광을 표적물질에 조사하여 온도가 올라가는 광열효과를 기반으로 표적물질에서 생기는 굴절률 변화를 감지하되, 이를 다중클래드 광섬유를 기반으로 간섭계를 사용하지 않고 광세기를 이용하여 탐지함으로써, 특정 색상(파장)의 빛을 흡수하여 열을 발산하는 광열효과를 지니는 표적물질을 화학적 전처리과정이나 고비용의 간섭성광원 없이도 추적할 수 있는, 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법을 제공함에 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

**G01N 21/1717** (2013.01)

**G01N 21/31** (2013.01)

**G01N 21/431** (2013.01)

**G01N 2021/1714** (2013.01)

**G01N 2021/1725** (2013.01)

**G01N 2021/432** (2013.01)

**G01N 2201/08** (2013.01)

(72) 발명자

**권민성**

서울특별시 서대문구 연희로10가길 51

**양희전**

서울특별시 양천구 목동동로 350, 515-107

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711138167

과제번호 KMDF\_PR\_20200901\_0099-02

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 범부처

연구사업명 범부처전주기의료기기연구개발사업

연구과제명 [통합이지바로/범부처/공동] 딥러닝 피부 상태 분석 플랫폼 기반 개인맞춤형 스마트

LED 마스크 기기 및 서비스(1/2단계)(2/3)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711107094

과제번호 2020R1A2C2012061

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 (통합Ezbaro)비간섭 산술현미경을 이용한 삼차원 복굴절 토모그래피 기술

개발(2/3)(2020.3.1~2023.2.28)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

탐지광을 송출하는 광원(110);

코어(121a) 및 적어도 하나의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되는 메인광섬유(121);

탐지광 및 광열자극광을 시료(500) 상의 측정위치(550)에 초점을 맞추어 조사시키는 대물렌즈(130);

상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광을 탐지하는 코어광탐지기(170);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

상기 시료(500) 상의 측정위치(550)에 광열자극광이 조사되어, 광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여,

상기 시료(500)의 자극광원 흡수도를 정량적으로 측정하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 메인광섬유(121)는,

최외측의 클래드는 빛이 차단되도록 형성되고,

코어 및 나머지 클래드는 빛이 통과되되 서로 간에는 빛이 차단되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 적어도 이중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되며,

상기 광열신호 검출장치(100)는,

상기 메인광섬유(121) 및 코어(122a) 및 클래드(122b)로 구성되며 상기 메인광섬유(121)와 커플링된 서브광섬유(122)를 포함하는 다중클래드 광섬유커플러(120);

상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내측의 클래드(121b)를 통과해온 클래드광을 상기 서브광섬유(122)를 통해 탐지하는 클래드광탐지기(160);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기를 비교측정하여 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 측정하는 것을 특징

으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

광열자극광을 송출하는 자극광원(115);

상기 메인광섬유(121) 및 상기 대물렌즈(130) 사이에 구비되어 상기 자극광원(115)에서 송출된 광열자극광을 상기 시료(500) 쪽으로 진행시키는 이색성거울(140);

을 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

상기 자극광원(115)의 전방에 구비되어 기설정된 측정용주파수로 광열자극광이 ON/OFF되도록 초핑(chopping)하는 광세기변조기(150);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

상기 광원(110)이 송출하는 탐지광이 상기 시료(500)에 광열효과를 발생시키는 대역의 파장을 가지도록 형성되어,

탐지광이 광열자극광의 역할을 동시 수행하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

상기 광원(110)의 전방에 구비되어 기설정된 측정용주파수로 광열자극광이 100% 광세기 및 기설정된 저광세기로 교대 조사되도록 초핑(chopping)하는 특수광세기변조기(155);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

코어(125a) 및 클래드(125b)로 구성되며, 상기 광원(110) 및 상기 메인광섬유(121) 사이에 구비되어 상기 광원(110)에서 송출된 광을 상기 메인광섬유(121)로 유입시키는 싱글모드 광섬유(125);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

#### 청구항 11

제 1항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,

상기 메인광섬유(121) 및 상기 코어광탐지기(170) 사이에 구비되어 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과

해은 코어광을 상기 코어광탐지기(170) 쪽으로 진행시키는 빔스플리터(180);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

## 청구항 12

제 3항에 있어서, 상기 광열신호 검출장치(100)는,  
상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 적어도 삼중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되며,  
상기 메인광섬유(121)의 최외측 및 최내측 사이의 클래드(121c)를 통해 상기 시료(500)로 광열자극광이 제공되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출장치.

## 청구항 13

제 1항에 의한 광열신호 검출장치(100)를 이용하는 광열신호 검출방법에 있어서,  
상기 광원(110)에서 송출된 탐지광이 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통해 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 탐지광조사단계;  
광열자극광이 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 광열자극단계;  
상기 코어광탐지기(170)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광이 탐지되는 코어광탐지단계;  
광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정되는 광열측정단계;  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출방법.

## 청구항 14

제 4항에 의한 광열신호 검출장치(100)를 이용하는 광열신호 검출방법에 있어서,  
상기 광원(110)에서 송출된 탐지광이 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통해 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 탐지광조사단계;  
광열자극광이 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 광열자극단계;  
상기 코어광탐지기(170)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광이 탐지되는 코어광탐지단계;  
상기 클래드광탐지기(160)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내측의 클래드(121b)를 통과해온 클래드광이 탐지되는 클래드광탐지단계;  
광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기가 비교측정됨으로써 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정되는 광열측정단계;  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출방법.

## 청구항 15

제 13 또는 14항에 있어서, 상기 광열신호 검출방법은,  
상기 광열측정단계는,

상기 광열자극단계가 시작된 후 코어광의 광세기가 변화되다가 상수값으로 수렴되어 안정되는 안정화시간 이후에 수행되는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출방법.

## 청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 광열신호 검출방법은,

상기 광열자극단계에서, 광열자극광이 기설정된 측정용주파수로 ON/OFF되거나 또는 100% 광세기 및 기설정된 저광세기로 교대 조사되도록 형성되며,

상기 광열측정단계에서, 광열자극광이 ON 또는 100% 광세기일 때 측정된 코어광의 광세기의 평균값을 이용하여 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정되는 것을 특징으로 하는 광열신호 검출방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 특정 색상(파장)의 빛을 흡수하여 열을 발산하는 광열효과를 지니는 표적물질을 화학적 전처리과정이나 고비용의 간섭성 광원 없이도 추적할 수 있도록 하는, 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 광열효과란 표적물질에 빛을 조사하였을 때 광자 및 전자가 표적물질에 흡수되어 표면의 전자들과 상호작용하여 들뜬상태에서 바닥상태로 돌아오는 과정에서 발생하는 에너지차이가 열에너지로 변환되는 현상을 말하며, 이 때 발생하는 열에너지가 바로 광열신호가 된다. 한편 표적물질이 빛을 흡수하였을 때 발생하는 에너지차이는 열에너지만 발생시키는 것이 아니라 수축 및 팽창을 반복하는 진동현상도 발생시키며, 이에 따라 탄성파인 광음향신호 또한 발생하게 된다. 이와 같은 광열신호 또는 광음향신호는 조사하는 여기광의 파장과 더불어 표적물질의 종류, 구조, 농도, 성분 등에 따라 달라진다. 따라서 여기광의 파장을 정확하게 제어할 수 있다면, 광열 및 광음향 신호를 측정함으로써 표적물질에 손상을 가하지 않고도 그 성질을 정량적으로 측정할 수 있어, 광열 또는 광음향 신호를 이용하는 측정기술이 다양한 분야에서 점점 그 활용도를 넓혀가고 있다.

[0003] 한국특허등록 제0163627호("광열변위계측에 의한 시료평가방법", 1998.09.08., 이하 '선행문헌')에는 광열신호를 측정하는 장치가 개시된다. 선행문헌에서는, 레이저 등으로 여기광 및 측정광 빔을 각각 발생시키고, 각각을 반대위상에서 강도변조하고 각각의 주파수를 서로 다르게 하여 시료에 조사한 후, 각각의 반사광을 간섭시켜 그 위상에 근거하여 시료를 평가하도록 구성된다. 이처럼 종래에는 표적물질의 자극광원 흡수도, 즉 표적물질의 광열효과 크기를 정량적으로 측정하기 위해 간섭성광원을 활용하여 광간섭계 시스템을 구축하여 사용하였다.

[0004] 도 1은 종래의 광열신호 검출장치의 한 실시예를 도시한 것이다. 도 1의 실시예에서는, 광원(11)으로서 간섭성 광대역 레이저(coherent broadband laser)가 사용된다. 광원(11)에서 최초진입경로로 조사된 탐지광은 싱글모드 광섬유커플러(12)를 통과하여 대물렌즈(13)에 의해 시료(50) 상의 측정위치로 초점이 모아져 조사된다. 싱글모드 광섬유커플러(12)는 메인광섬유(12-1) 및 서브광섬유(12-2)를 포함하며, 각각의 광섬유는 광이 통과하는 코어(core) 및 코어 외면에 접합된 클래드(clad)를 포함한다. 탐지광은 메인광섬유(12-1)의 일단(proximal end, p)으로 들어와 타단(distal end, d)으로 나와서 측정위치로 조사되게 된다. 측정위치로는 또한 이색성거울(14)을 이용하여 별도의 자극광원(11a)에서 송출되는 광열자극광 또한 함께 조사된다. 광열자극광은 광 초퍼(optical chopper)와 같은 광세기변조기(15)를 통해 적절하게 조절되어 조사되게 된다.

[0005] 광열자극광이 조사됨에 따라 측정위치에서 광열효과가 발생하면, 시료(50)에서 반사된 반사광의 광특성이 변화하게 된다. 반사광은 메인광섬유(12-1)의 타단(d)으로 되돌아와서, 싱글모드 광섬유커플러(12)의 기준광 팔(reference arm)을 형성하는 서브광섬유(12-2)의 일단(p)으로 (거울(16)을 이용하여) 입사된 기준광과 간섭을 일으키게 된다. 이렇게 서로 간섭을 일으킨 기준광 및 반사광이 서브광섬유(12-2)의 타단(d)으로 나오게 되며, 그레이팅(grating, 17)을 이용하여 파장별로 빛을 분해하여 라인스캔 카메라(18)로 관측한다. 광열효과에 따라 관측된 신호의 파장 스펙트럼이 변화되므로, 관측된 신호의 파장을 분석함으로써 광열신호를 정량적으로 측정할 수 있게 된다.

[0006] 도 2는 종래의 광열신호 검출장치의 다른 실시예를 도시한 것이다. 도 2의 실시예에서는, 광원(21)으로서 시간에 따라 파장이 다르게 송출되는 간섭성 훑음 레이저(coherent swept-source laser)가 사용된다. 전반적인 구성은 도 1의 실시예와 유사하되, 도 2의 실시예의 경우 2개의 싱글모드 광섬유커플러(22a)(22b)가 서로 직렬연결된 형태로 사용된다. 즉 광원(21)에서 송출된 탐지광이 싱글모드 광섬유커플러(22a)(22b)를 순차적으로 통과하여 시료(50) 상의 측정위치로 조사되게 형성된다. 2개의 싱글모드 광섬유커플러(22a)(22b)는 광원(21)에서 시간에 따라 다르게 송출되는 탐지광의 파장 각각에 맞는 특성을 각각 가지도록 형성된다. 각각의 싱글모드 광섬유커플러(22a)(22b)에서 방출된 신호들은 2개의 광탐지기(27a)(27b)로 각각 획득되며, 획득된 신호들은 (-) 균형 감지((-) balanced detection) 방식으로 합쳐져 자료수집장치(28, data acquisition device)로 획득 및 분석됨으로써 광열신호의 정량적인 측정이 이루어지게 된다.

[0007] 도 1 및 도 2의 실시예로 알 수 있는 바와 같이, 종래에는 간섭성광원을 이용하여 광열신호의 정량적인 측정을 수행하였다. 이 때 간섭성광원 자체가 기계적 진동, 온도변화, 기류 등 외부잡음에 매우 민감하게 반응하기 때문에, 측정환경을 철저히 제어하지 않으면 광열신호를 안정적으로 측정하기가 어렵다. 따라서 측정가능환경 자체가 매우 제한되어, 광열신호 활용가능성 역시 매우 제한되는 문제가 있다. 뿐만 아니라 간섭성광원을 포함하여 공간섭계 시스템을 구축하여야 하기 때문에, 장비 자체의 부피 또한 당연히 상당히 커지게 되는 문제도 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 1. 한국특허등록 제0163627호("광열변위계측에 의한 시료평가방법", 1998.09.08.)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 광열자극광을 표적물질에 조사하여 온도가 올라가는 광열효과를 기반으로 표적물질에서 생기는 굴절률 변화를 감지하되, 이를 다중클래드 광섬유를 기반으로 간섭계를 사용하지 않고 광세기를 이용하여 탐지함으로써, 특정 색상(파장)의 빛을 흡수하여 열을 발산하는 광열효과를 지니는 표적물질을 화학적 전처리과정이나 고비용의 간섭성광원 없이도 추적할 수 있는, 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법을 제공함에 있다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치(100)는, 탐지광을 송출하는 광원(110); 코어(121a) 및 적어도 하나의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되는 메인광섬유(121); 탐지광 및 광열자극광을 시료(500) 상의 측정위치(550)에 초점을 맞추어 조사시키는 대물렌즈(130); 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광을 탐지하는 코어광 탐지기(170); 를 포함할 수 있다.

[0011] 이 때 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)에 광열자극광이 조사되어, 광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도를 정량적으로 측정할 수 있다.

[0012] 또한 이 때 상기 메인광섬유(121)는, 최외측의 클래드는 빛이 차단되도록 형성되고, 코어 및 나머지 클래드는 빛이 통과되되 서로 간에는 빛이 차단되도록 형성될 수 있다.

[0013] 보다 바람직하게는, 상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 적어도 이중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되며, 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 메인광섬유(121) 및 코어(122a) 및 클래드(122b)로 구성되며 상기 메인광섬유(121)와 커플링된 서브광섬유(122)를 포함하는 다중클래드 광섬유커플러(120); 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내측의 클래드(121b)를 통과해온 클래드광을 상기 서브광섬유(122)를 통해 탐지하는 클래드광탐지기(160); 를 포함할 수 있다.

[0014] 이 때 상기 광열신호 검출장치(100)는, 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기를 비교측정하여 코어광의 광세기

가 변화하는 정도를 측정할 수 있다.

- [0015] 또한 상기 광열신호 검출장치(100)는, 광열자극광을 송출하는 자극광원(115); 상기 메인광섬유(121) 및 상기 대물렌즈(130) 사이에 구비되어 상기 자극광원(115)에서 송출된 광열자극광을 상기 시료(500) 쪽으로 진행시키는 이색성거울(140); 을 포함할 수 있다.
- [0016] 이 때 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 자극광원(115)의 전방에 구비되어 기설정된 측정용주파수로 광열자극광이 ON/OFF되도록 초핑(chopping)하는 광세기변조기(150); 를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 광원(110)이 송출하는 탐지광이 상기 시료(500)에 광열효과를 발생시키는 대역의 파장을 가지도록 형성되어, 탐지광이 광열자극광의 역할을 동시 수행하도록 형성될 수 있다.
- [0018] 이 때 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 광원(110)의 전방에 구비되어 기설정된 측정용주파수로 광열자극광이 100% 광세기 및 기설정된 저광세기로 교대 조사되도록 초핑(chopping)하는 특수광세기변조기(155); 를 포함할 수 있다.
- [0019] 또한 상기 광열신호 검출장치(100)는, 코어(125a) 및 클래드(125b)로 구성되며, 상기 광원(110) 및 상기 메인광섬유(121) 사이에 구비되어 상기 광원(110)에서 송출된 광을 상기 메인광섬유(121)로 유입시키는 싱글모드 광섬유(125); 를 포함할 수 있다.
- [0020] 또한 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 메인광섬유(121) 및 상기 코어광탐지기(170) 사이에 구비되어 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광을 상기 코어광탐지기(170) 쪽으로 진행시키는 빔스플리터(180); 를 포함할 수 있다.
- [0021] 또한 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 적어도 삼중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되며, 상기 메인광섬유(121)의 최외측 및 최내측 사이의 클래드(121c)를 통해 상기 시료(500)로 광열자극광이 제공되도록 형성될 수 있다.
- [0022] 또한 본 발명의 다중클래드 광섬유를 활용한 광열 및 광음향 신호검출방법은, 상술한 바와 같은 광열신호 검출장치(100)를 이용하는 광열신호 검출방법에 있어서, 상기 광원(110)에서 송출된 탐지광이 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통해 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 탐지광조사단계; 광열자극광이 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 광열자극단계; 상기 코어광탐지기(170)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광이 탐지되는 코어광탐지단계; 광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정되는 광열측정단계; 를 포함할 수 있다.
- [0023] 또는, 상기 광원(110)에서 송출된 탐지광이 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통해 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 탐지광조사단계; 광열자극광이 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사되는 광열자극단계; 상기 코어광탐지기(170)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광이 탐지되는 코어광탐지단계; 상기 클래드광탐지기(160)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내측의 클래드(121b)를 통과해온 클래드광이 탐지되는 클래드광탐지단계; 광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기가 비교측정됨으로써 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정되는 광열측정단계; 를 포함할 수 있다.
- [0024] 이 때 상기 광열신호 검출방법은, 상기 광열측정단계는, 상기 광열자극단계가 시작된 후 코어광의 광세기가 변화되다가 상수값으로 수렴되어 안정되는 안정화시간 이후에 수행될 수 있다.
- [0025] 또한 상기 광열신호 검출방법은, 상기 광열자극단계에서, 광열자극광이 기설정된 측정용주파수로 ON/OFF되거나 또는 100% 광세기 및 기설정된 저광세기로 교대 조사되도록 형성되며, 상기 광열측정단계에서, 광열자극광이 ON 또는 100% 광세기일 때 측정된 코어광의 광세기의 평균값을 이용하여 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정될 수 있다.

### 발명의 효과

- [0026] 본 발명에 의하면, 다중클래드 광섬유를 기반으로 굴절률 변화를 이용하여 반사되는 코어별 광세기 비교를 통해 표적물질의 자극광원 흡수도를 산출해 내기 때문에, 종래에 간섭성광원을 이용한 공간섭계 시스템을 구축해야



했던 것과 비교하여 훨씬 단순하고 저렴한 구성으로 표적물질의 자극광원 흡수도를 정량적으로 측정해 낼 수 있는 큰 효과가 있다. 또한 본 발명에 의하면, 외부잡음에 민감한 고간섭성광원 등을 사용하지 않기 때문에 종래보다 훨씬 안정적으로 측정을 수행할 수 있다는 효과가 있다. 더불어 본 발명에 의하면, 직접적인 측정을 수행하는 다중클래드 광섬유는 매우 소형으로 제작이 가능하기 때문에, 매우 작은 장비로 표적물질을 검출하는 데에 활용될 수 있다는 효과도 있다.

[0027] 뿐만 아니라 본 발명에 의하면, 음파에 대한 매질의 굴절을 변화를 통해 마찬가지로의 원리를 적용하여, 광열효과 검출 뿐만 아니라 광음향효과 검출에도 활용될 수 있는 효과 또한 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 종래의 광열신호 검출장치의 한 실시예.

도 2는 종래의 광열신호 검출장치의 다른 실시예.

도 3은 본 발명의 광열신호 검출장치의 한 실시예.

도 4는 이중클래드 광섬유에서의 빛의 이동경로.

도 5는 광열효과 발생전후의 광신호 변화양상.

도 6은 본 발명의 광열신호 검출장치의 다른 실시예.

도 7은 본 발명의 광열신호 검출장치의 또다른 실시예에 사용되는 삼중클래드 광섬유.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 다중클래드 광섬유를 활용한 광열신호 검출장치 및 방법을 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0030] [1] 본 발명의 광열신호 검출 동작원리

[0031] 도 3은 본 발명의 광열신호 검출장치의 한 실시예이다. 본 발명의 광열신호 검출장치(100)는, 가장 기본적으로는 광원(110), 메인광섬유(121), 대물렌즈(130), 코어광탐지기(170)로 구성될 수 있다. 여기에 측정정확도를 보다 높이기 위하여 상기 메인광섬유(121)를 포함하는 다중클래드 광섬유커플러(120), 클래드광탐지기(160)를 더 포함할 수 있으며, 그 외에 측정안정성, 측정편의성 등을 높이기 위한 부가장치들을 더 포함할 수 있다. 먼저 도 4 및 도 5를 통해 본 발명의 광열신호 검출장치의 기본구성 및 동작원리를 설명하고, 그 이후에 도 3의 실시예에 대하여 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0032] 도 4는 이중클래드 광섬유에서의 빛의 이동경로를 도시한 것으로, 상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 이중의 클래드(121b)(121c)로 이루어지는 경우를 예시적으로 보인 것이다. 일반적으로 광섬유는 빛이 통과하는 코어와, 외부로부터의 잡음 유입 및 내부를 통과하는 빛의 누출을 방지하기 위해 빛을 차단하도록 코어 외면을 둘러싸 접합되는 클래드를 포함한다. 도 4의 예시에서의 상기 메인광섬유(121)에서, 코어(121a)로는 일반적인 광섬유와 마찬가지로 빛이 원활하게 통과하며, 최외측의 클래드 즉 도 4에서는 제2클래드(121c)는 일반적인 클래드와 마찬가지로 빛을 차단한다. 한편 최내측의 클래드 즉 도 4에서는 제1클래드(121b)의 경우, 코어(121a) 및 제1클래드(121b) 간으로는 빛이 통과하지 않지만 제1클래드(121b) 내로는 빛이 통과할 수 있게 형성된다.

[0033] 도 4의 예시에서는 상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 이중의 클래드(121b)(121c)로 이루어지기 때문에 제2클래드(121c)가 빛 차단을 하고, 코어(121a) 및 제1클래드(121b)로 빛이 통과되도록 형성되는데, 예를 들어 (이후 설명될 도 7의 예시에서처럼) 상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 삼중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 이루어지는 경우라면 제3클래드(121d)가 빛 차단을 하고, 코어(121a), 제1클래드(121b), 제2클래드(121c)로 빛이 통과되도록 형성될 수도 있다. 즉 일반적으로 말하자면, 상기 메인광섬유(121)는, 최외측의 클래드는 빛이 차단되도록 형성되고, 코어 및 나머지 클래드는 빛이 통과되도록 서로 간에는 빛이 차단되도록 형성되게 하면 된다.

[0034] 도 5는 광열효과 발생전후의 광신호 변화양상을 도시한 것이다. 도 5를 통해 본 발명의 광열신호 검출 동작원리를 상세히 설명한다.

[0035] 도 5 상측도면에서는 상기 시료(500)에 광열자극광이 조사되지 않고 탐지광만 조사될 때를 도시하고 있다. 상기 광원(110)에서 송출된 탐지광은 상기 메인광섬유(121)의 일단(p, proximal end)으로 들어가서, 상기 시료(500) 쪽을 향해 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통해 상기 메인광섬유(121)의 타단(d, distal end)으로 진행한

다. 상기 메인광섬유(121)의 타단(d)에서 나온 탐지광은 상기 대물렌즈(130)에 의해 상기 시료(500) 상의 측정 위치(550)에 초점이 맞춰진다. 상기 시료(500)에 광열자극광이 조사되지 않은 상태에서는, 상기 시료(500)에서 반사된 반사광은 탐지광과 똑같은 경로로 되돌아오게 된다. 즉 도시된 바와 같이, 반사광은 탐지광을 거꾸로 한 것과 똑같이 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)로 완전히 되돌아오며, 역시 탐지광의 진행경로를 똑같이 되짚어가서 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)으로 나오게 된다.

[0036] 도 5 하측도면에서는 상기 시료(500)에 광열자극광 및 탐지광이 모두 조사될 때를 도시하고 있다. 탐지광의 진행경로는 도 5 상측도면에서와 마찬가지로, 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)에서 타단(d)으로 코어(121a)를 통해 진행한다. 그런데 이 때 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)에 광열자극광이 조사되면, 상기 시료(500)의 광열효과로 인하여 온도가 올라가게 되며, 이 온도 상승에 의하여 광경로 상 매질의 굴절률 변화가 일어나게 된다. 이 굴절률 변화는 상기 시료(500)에서 반사되어 되돌아가는 반사광의 광경로에 변화를 일으키게 된다. 즉 광열효과가 없을 때는 도 5 상측도면에 도시된 바와 같이 반사광이 탐지광과 똑같이 코어(121a)로 완전히 되돌아갔지만, 광열효과가 발생하면 도 5 하측도면에 도시된 바와 같이 반사광이 탐지광과는 달리 더 퍼져나감으로써 코어(121a) 및 제1클래드(121b)로 분배되어 되돌아가게 된다.

[0037] 이러한 현상을 그래프를 통해 다시 정리하면 다음과 같다. 용어를 간략화하고자 이하에서는, 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 광을 코어광이라 칭하고, 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내측의 클래드(도 4, 5 등의 예시에서는 제1클래드(121b))를 통과해온 광을 클래드광이라 칭하기로 한다.

[0038] 광열효과가 없을 때는 도 5 상측도면에 도시된 바와 같이 반사광의 광경로가 탐지광의 광경로와 동일하다. 따라서 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)에서 측정되는 코어광의 광세기는 탐지광의 광세기와 동일한 상수값으로 나오게 된다. 한편 제1클래드(121b)로는 반사광이 유입되지 않으므로, 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)에서 측정되는 클래드광의 광세기는 0이 된다.

[0039] 광열효과가 발생하면 도 5 하측도면에 도시된 바와 같이 굴절률 변화에 의하여 반사광이 탐지광보다 좀더 넓게 퍼져나가는 형태로 진행하게 된다. 이에 따라 반사광은 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a) 및 제1클래드(121b)로 분배되어 유입된다. 이 경우 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)에서 측정되는 코어광의 광세기는 탐지광의 광세기보다 작은 값인 I1으로 수렴하게 된다. 한편 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)에서 측정되는 클래드광의 광세기는 0보다 큰 값인 I2로 수렴하게 된다. 부연하자면, 광열효과의 영향으로 매질의 굴절률 변화가 유발되는 현상은 시간에 따라 연속적으로 일어나게 되며, 어느 정도의 시간이 지나면 안정화되게 된다. 광세기 값이 시간에 따라 변화하다가 수렴하는 형태로 나타나는 것은 바로 이 때문이다.

[0040] 상기 시료(500)에 포함되어 광열효과를 발생시키는 표적물질의 농도가 높을수록 광열효과가 크게 발생하며, 그럴수록 굴절률 변화가 커지고 따라서 광경로 변화도 커지게 된다. 따라서 광열자극광을 조사하여 광열효과가 발생하였을 때 코어광의 광세기가 얼마나 줄어들었는지를 측정함으로써, 광열효과를 정량적으로 측정할 수 있다. 즉 정리하자면, 본 발명에서는, 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)에 광열자극광이 조사되어, 광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도를 정량적으로 측정한다.

[0041] 이 때 단지 코어광의 광세기만 이용할 경우, 장치 구성 중 조립불량에 의해 빛이 누출된다거나 하는 등의 예상치 못한 오류원인으로 인하여 오차가 발생할 위험성이 있다. 따라서 측정정확도를 높이기 위하여, 코어광의 광세기 뿐만 아니라 클래드광의 광세기도 함께 측정하는 것이 바람직하다. 코어광의 광세기 I1 및 클래드광의 광세기 I2 값의 합, 즉 총 광세기는 탐지광의 광세기와 동일한 값으로서 일정하다. 표적물질의 농도가 높을수록 코어광의 광세기는 줄어들고 클래드광의 광세기는 늘어나게 되므로,  $I2/(I1+I2)$  (=클래드광의 광세기/총 광세기) 등과 같은 수식을 이용하여 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기를 비교측정하여 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 더욱 정확하게 측정할 수 있다. 궁극적으로는 코어광의 광세기 변화량을 이용하여 상기 시료(500) 상의 표적물질의 농도를 산출하게 되므로, 이와 같이 코어광 및 클래드광 모두의 광세기를 측정함으로써 광열효과의 정량적 산출의 측정정확도를 향상할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0042] 이처럼 본 발명에서는, 광열효과를 정량적으로 측정함에 있어서, 광열효과로 인한 국부적인 매질 굴절률 변화에 의해 반사광의 광경로가 변화되는 원리를 이용하여, 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 통해 표적물질의 농도를 정량적으로 산출한다. 즉 본 발명에서는 광세기를 이용하여 광열효과를 측정한다고 할 수 있다.

[0043] 종래에는 간섭신호를 이용하여 광열효과를 측정하였기 때문에, 도 1 또는 도 2의 예시에서 광원으로서 간섭성

광대역 레이저 또는 간섭성 홀음 레이저를 사용하여야 하는 것처럼, 광원으로서 반드시 간섭성광원을 사용하여야 하였다. 물론 광원 뿐만 아니라 광간섭계 시스템을 구축하기 위한 여러 가지 다른 부품들이 반드시 더 필요하였으며, 결과적으로 장치 구성에 드는 비용이 상당히 증가하여 경제적으로 불리하였다. 또한 이처럼 장치 구성이 복잡해짐에 따라 장치의 크기가 커지게 되어, 예를 들어 신체 내의 특정부분에서의 표적물질 농도를 조사하고자 한다거나 하는 등과 같은 작업을 수행하는 것이 불가능하였다. 따라서 이러한 경우 신체 내에서 해당부분의 샘플을 채취하여 별도로 측정을 수행하여야 하기 때문에, 과정이 번거롭고 시간이 오래 걸리며 샘플 오염, 손상 위험이 있는 등 여러 불편함이 수반되었다. 뿐만 아니라 간섭성광원은 기계적 진동, 온도변화, 기류 등 외부잡음에 매우 민감하다. 따라서 광열효과 측정을 위해서는 실험자가 완전히 환경조건을 제어할 수 있는 별도의 공간이 반드시 필요하며, 이러한 공간을 구축하지 못할 경우 측정정확도를 확보하기 어려운 문제가 있었다.

[0044] 그러나 본 발명에서는, 간섭신호가 아닌 광세기를 이용하여 광열효과를 정량적으로 측정한다. 즉 앞서 설명한 바와 같이 표적물질의 농도가 높을수록 광열효과와 영향이 커져 굴절률 변화가 커지고, 이에 따라 광경로 변화도 커져서 코어광의 광세기 저감량이 커지게 되는 원리를 이용하는 것이다.

[0045] 이에 따라 종래에 간섭성광원을 반드시 구비해야만 했던 것과는 달리, 본 발명의 광원(110)은 단지 탐지광만 송출하면 될 뿐 별다른 제약이 없어, 종래보다 훨씬 저렴한 장치로서 구성해도 무방하다. 또한 본 발명에서는 실질적으로 주요 검출을 직접적으로 수행하는 장치는 광섬유만으로 구성될 수 있다. 따라서 종래에 비해 장치 구성이 비약적으로 단순해지면서 또한 훨씬 소형화될 수 있다. 따라서 본 발명에 의하면, 예를 들어 검출장치를 신체 내에 삽입하여 원하는 부분에서 직접 검출을 수행할 수도 있어, 종래에 비해 검출시간을 훨씬 단축할 수 있을 뿐만 아니라 샘플 오염, 손상 등의 문제도 원천적으로 배제할 수 있다. 뿐만 아니라 본 발명에서는 간섭신호가 아닌 광세기를 이용하므로 외부잡음에 영향을 훨씬 덜 받기 때문에(robust), 종래에 비해 훨씬 안정적으로 측정결과를 얻을 수 있다.

[0046] 물론 고도로 제어되고 있는 실험실 환경 내에서 완벽하게 준비된 시료에 대하여 측정을 수행한다면 종래의 간섭신호를 이용하는 검출장치의 측정정확도가 더 높을 수는 있을 것이다. 그러나 본 발명의 경우 종래보다 다소 측정정확도가 떨어지더라도 실제 활용하기에 적합할 정도의 측정정확도는 충분히 갖추고 있으며, 환경조건에 영향을 훨씬 덜 받아 측정안정성이 훨씬 높고 장치소형화가 가능하여 직접 신체 내에 삽입하여 측정하는 등의 작업이 가능하다. 따라서 본 발명에 의하면 종래에 비해 훨씬 다양한 환경에서 훨씬 자유롭게 광열효과 검출이 가능하며, 활용범위를 비약적으로 넓힐 수 있는 큰 장점이 있다.

[0047] [2] 본 발명의 광열신호 검출장치의 여러 실시예

[0048] 상술한 바와 같이 본 발명에서는, 광열효과에 의한 굴절률 변화에 따라 광섬유 코어로 유입되는 반사광(즉 코어광)의 광세기가 줄어드는 정도를 이용하여 광열효과를 정량적으로 검출한다. 즉 코어광의 광세기만 측정하여도 본 발명을 실현할 수 있으며, 이를 위해서는 본 발명의 광열신호 검출장치(100)는, 앞서 설명한 바와 같이 광원(110), 메인광섬유(121), 대물렌즈(130), 코어광탐지기(170)만으로 구성되어도 무방하다.

[0049] 다만 코어광의 광세기만 측정할 경우 오차발생 우려가 있으므로, 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기를 모두 측정하는 것이 바람직하다. 도 3의 실시예는 이러한 사항들을 고려하여 구성된 실시예로서, 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기를 모두 측정할 수 있도록 상기 메인광섬유(121)를 다중클래드 광섬유로 형성하고, 상기 메인광섬유(121)와 서브광섬유(122)가 커플링된 다중클래드 커플러(120)를 사용한다. 물론 클래드광을 측정하기 위한 클래드광탐지기(160)도 별도로 구비된다.

[0050] 도 3의 실시예의 각부에 대하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0051] 상기 광원(110)은 앞서 설명한 바와 같이 탐지광을 송출한다. 앞서 설명한 바와 같이, 종래에는 간섭신호를 사용하여 광열신호를 검출하였기 때문에 반드시 간섭성광원을 사용하여야 했지만, 본 발명에서는 광세기를 사용하여 광열신호를 검출하기 때문에 상기 광원(110)에 별다른 제약이 없다. 다만 편의상 광열자극광과 탐지광이 구분가능하도록, 상기 광원(110)에서 송출되는 탐지광이 광열자극광과 다른 파장을 갖도록 하는 것이 바람직하다. 그러나 이로서 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 이후 설명될 다른 실시예에서는 탐지광이 광열자극광의 역할까지 하도록 할 수도 있는바, 실질적으로 상기 광원(110)은 어떤 것을 사용하여도 무방하다.

[0052] 상기 메인광섬유(121)는 앞서 설명한 바와 같이 코어(121a) 및 적어도 하나의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되며, 코어광의 광세기만을 사용하여 광열신호를 검출하는 경우에는 상기 메인광섬유(121)만 구비되어도 무방하고, 또한 상기 메인광섬유(121)가 코어 및 단 하나의 클래드만 포함하여도 무방하다. 다만 상술한 바와 같이 클래드광의 광세기도 측정하는 것이 바람직하므로, 상기 광열신호 검출장치(100)는 상기 메인광섬유(121)를 포함

하는 다중클래드 광섬유커플러(120)를 포함하는 것이 바람직하다.

- [0053] 상기 다중클래드 광섬유커플러(120)는, 상기 메인광섬유(121) 및 서브광섬유(122)를 포함한다. 이 경우 상기 메인광섬유(121)는 코어(121a) 및 적어도 이중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되며, 클래드광이 통과할 수 있는 클래드(이중클래드인 경우 제1클래드(121b))를 포함하게 된다. 상기 서브광섬유(122)는 일반적인 광섬유와 마찬가지로 코어(122a) 및 클래드(122b)로 구성되며, 상기 메인광섬유(121)와 커플링되어 클래드광이 상기 서브광섬유(122)를 통해 진행할 수 있도록 형성된다.
- [0054] 더불어 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 광원(110)에서 송출된 광이 누출 없이 상기 메인광섬유(121)로 잘 유입될 수 있도록 하기 위해, 도 3에 도시된 바와 같이 싱글모드 광섬유(125)를 더 포함하는 것이 바람직하다. 상기 싱글모드 광섬유(125)는 역시 일반적인 광섬유와 마찬가지로 코어(125a) 및 클래드(125b)로 구성되며, 상기 광원(110) 및 상기 메인광섬유(121) 사이에 구비되어 상기 광원(110)에서 송출된 광을 상기 메인광섬유(121)로 유입시키는 역할을 한다.
- [0055] 상기 대물렌즈(130)는 탐지광 및 광열자극광을 시료(500) 상의 측정위치(550)에 초점을 맞추어 조사시키는 역할을 한다. 이 때 상기 메인광섬유(121)의 일단(p)에서 타단(d)으로 진행하여 나온 탐지광이 발산하는 형태로 진행할 수 있으며, 초점을 맞추기 전 평행광을 만들어주는 것이 더 편리하다. 따라서 상기 대물렌즈(130) 및 상기 메인광섬유(121) 사이에 도 3에 도시된 바와 같이 부가적인 렌즈가 더 구비되어도 무방하다.
- [0056] 한편 도 3의 실시예에서는 광열자극광이 상기 광원(110)과는 별도로 자극광원(115)에 의해 송출되도록 하고 있다. 이 경우 상기 대물렌즈(130)로 광열자극광이 원활하게 유입될 수 있도록, 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 메인광섬유(121) 및 상기 대물렌즈(130) 사이에 구비되어 상기 자극광원(115)에서 송출된 광열자극광을 상기 시료(500) 쪽으로 진행시키는 이색성거울(140)을 포함하는 것이 바람직하다. 상기 이색성거울(140)은 파장에 따라 특정 파장은 반사시키고 특정 파장은 통과시키는 성질을 가지는 것으로, 도시된 바와 같이 탐지광 및 반사광은 상기 이색성거울(140)을 통과하며, 광열자극광은 상기 이색성거울(140)에서 반사되도록 형성된다. 물론 도 3의 실시예로 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 다른 실시예에 대해서는 이후 다시 설명하기로 한다.
- [0057] 또한 상기 광열신호 검출장치(100)는, 단 한 번만 광열효과를 일으켜 코어광의 광세기 변화를 측정해도 물론 무방하지만, 측정정확도를 높이기 위해 다수 번 광열효과를 일으켜 코어광의 광세기 변화를 측정하고, 최종적으로는 그 평균값을 이용하여 광열효과와 정량적 관측을 수행하는 것이 바람직하다. 이를 위해서, 상기 광열신호 검출장치(100)는, 상기 자극광원(115)의 전방에 구비되어 기설정된 측정용주파수로 광열자극광이 ON/OFF되도록 초핑(chopping)하는 광세기변조기(150)를 포함하는 것이 바람직하다. 물론 도 3의 실시예로 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 다른 실시예의 경우(즉 자극광원이 별도로 아닌 경우) 광세기변조기도 조금 다른 것을 사용하는 것이 좋은데, 이에 대해서는 이후 다시 설명하기로 한다.
- [0058] 상기 클래드광탐지기(160)는 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내측의 클래드, 즉 도 3의 실시예의 경우 제1클래드(121b)를 통과해온 클래드광을 상기 서브광섬유(122)를 통해 탐지하는 역할을 한다. 앞서 설명한 바와 같이 제1클래드(121b)를 통과해온 클래드광을 진행시킬 수 있도록 상기 서브광섬유(122)는 상기 메인광섬유(121)의 제1클래드(121b)와 커플링되어 있다. 따라서 상기 클래드광탐지기(160)가 도시된 바와 같이 상기 서브광섬유(122)의 타단(d)에 구비됨으로써 클래드광을 원활하게 측정할 수 있다.
- [0059] 상기 코어광탐지기(170)는 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광을 탐지하는 역할을 한다. 이 때 코어광은 탐지광과 똑같은 경로를 되짚어오기 때문에, 중간에 광경로를 변화시키지 않는다면 최종적으로 상기 광원(110)으로 되돌아오게 될 것이다. 이렇게 되면 코어광을 측정하기가 어렵기 때문에, 코어광을 측정하기 위한 별도의 장치가 구비되는 것이 바람직하다.
- [0060] 도 3의 실시예에서는, 상기 메인광섬유(121) 및 상기 코어광탐지기(170) 사이에 빔스플리터(180)가 구비되도록 하고 있다. 상기 빔스플리터(180)는 일반적으로 위상에 따라 빛을 통과시키거나 반사시킨다. 탐지광이 시료(500)에 반사되면서 위상이 변화하기 때문에 탐지광과 반사광은 위상이 반대로 형성되며, 따라서 상기 빔스플리터(180)를 이용하여 원활하게 반사광, 그 중에서도 코어광의 광경로만을 변경시킬 수 있게 된다. 즉 상기 빔스플리터(180)를 이용하여, 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광을 상기 코어광탐지기(170) 쪽으로 진행시키도록 할 수 있다. 물론 도 3의 실시예로 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 앞서 클래드광을 커플링된 서브광섬유로 뽑아낸 것과 유사하게 별도의 단일모드 광섬유커플러를 이용하거나, 광서클레이터(optical circulator) 등과 같은 장치를 이용할 수도 있다. 도 3의 실시예는 직관적으로 이해가 쉬운 구성이기는 하나 전체적인 장치 부피가 커질 수 있으나, 단일모드 광섬유커플러, 광서클레이터 등을 이용할 경우 장치 소형화 효과



를 더욱 향상할 수 있다.

[0061] 도 6은 본 발명의 광열신호 검출장치의 다른 실시예를 도시한 것이다. 도 6의 실시예에서는, 상기 광원(110)이 송출하는 탐지광이 상기 시료(500)에 광열효과를 발생시키는 대역의 파장을 가지도록 형성되어, 탐지광이 광열 자극광의 역할을 동시 수행하도록 형성된다. 즉 도 6의 실시예에서는, 도 3의 실시예에서와 달리 별도의 자극광원(115)이 없으며, 이에 따라 자극광원(115)에서 나오는 광열자극광의 광경로를 변경시키기 위한 이색성거울(140)도 필요하지 않다.

[0062] 다만 도 3의 실시예에서는 광세기변조기(150)를 사용하여 광열자극광을 ON/OFF하였으나, 도 6의 실시예에서는 광열자극광을 ON/OFF하면 (광열자극광이 곧 탐지광이기 때문에) 탐지광도 ON/OFF되어버리므로, 상기 광세기변조기(150)와는 약간 차이가 있는 특수광세기변조기(155)를 사용하는 것이 바람직하다. 상기 특수광세기변조기(155)는, 상기 광원(110)의 전방에 구비되어 기설정된 측정용주파수로 광열자극광이 100% 광세기 및 기설정된 저광세기로 교대 조사되도록 초핑(chopping)하는 역할을 한다. 즉 ON/OFF가 아니라 100%/20% 등과 같은 식으로 광이 조사되도록 하는 것이다. 예를 들어 100% 광세기로 광이 조사될 때에는 광열효과가 일어나고, (예시적으로) 20% 광세기로 광이 조사될 때에는 광열효과가 일어나지 않도록 구성한다고 한다. 20% 광세기로 탐지광을 조사하면 광열효과가 일어나지 않으므로, 코어광의 광세기는 20% 값으로, 클래드광의 광세기는 0으로 나오게 될 것이다. 100% 광세기로 탐지광을 조사하면 광열효과가 일어나므로, 코어광의 광세기는 I1, 클래드광의 광세기는 I2로 나오게 될 것이다. 이 때 I1+I2 값은 [20% 광세기의 탐지광 광세기]×5(=20%의 역수)로 나오게 됨을 이미 알고 있으므로, 광열신호 산출 시 적절하게 이를 적용하여 계산하면 된다.

[0063] 도 7은 본 발명의 광열신호 검출장치의 또다른 실시예에 사용되는 삼중클래드 광섬유를 도시한 것이다.

[0064] 도 3의 실시예에서는 탐지광은 광원(110)에서, 광열자극광은 별도의 자극광원(115)에서 송출되도록 하였다. 한편 도 6의 실시예에서는 탐지광이 광열자극광의 역할을 겸하게 하여, 하나의 광원(110)에서 말하자면 탐지광 및 광열자극광이 모두 송출되도록 하였다.

[0065] 이 때, 상기 메인광섬유(121)를 삼중클래드로 형성하고 별도의 단일모드 광섬유커플러를 더 사용하면, 상기 메인광섬유(121)를 따라 탐지광 이외에 다른 광을 더 유입시킬 수 있다. 일단 상기 메인광섬유(121)가 코어(121a) 및 적어도 삼중의 클래드(121b)(121c)(121d)로 구성되게 하면, 최외측의 클래드인 제3클래드(121d)는 빛을 차단하고, 코어(121a), 제1클래드(121b), 제2클래드(121c)는 각각 빛을 통과시키되 서로 간에는 차단되도록 형성될 수 있다.

[0066] 도 7의 실시예에서도, 도 3 및 도 6의 실시예에서와 마찬가지로, 코어(121a)로는 탐지광 및 코어광이, 제1클래드(121b)로는 클래드광이 통과하게 된다. 여기에 더붙어 도 7의 실시예에서는, 상기 메인광섬유(121)의 최외측 및 최내측 사이의 클래드, 즉 제2클래드(121c)를 통해 상기 시료(500)로 광열자극광이 제공되도록 형성된다. 앞서 도 3 및 도 6의 실시예에서의 상기 메인광섬유(121)의 제1클래드(121b)와 상기 서브광섬유(122)가 커플링되었듯이, 별도의 광섬유커플러가 도 7의 실시예에서의 상기 제메인광섬유(121)의 제2클래드(121c)와 커플링되게 함으로써, 도 7과 같은 구성을 원활하게 실현할 수 있다.

[0067] 이와 같이 할 경우 별도의 자극광원(115)을 구비하더라도 상기 이색성거울(140)은 구비하지 않아도 되기 때문에 도 3의 실시예에 비해 장치를 더욱 소형화할 수 있으며, 탐지광 및 광열자극광을 구별할 수 있기 때문에 도 6의 실시예에 비해 계산부하를 더욱 줄일 수 있는 장점이 있다.

### [0068] [3] 본 발명의 광열신호 검출방법

[0069] 상술한 바와 같은 본 발명의 광열신호 검출장치(100)를 이용한 광열신호 검출방법을 정리한다. 본 발명의 광열신호 검출방법은, 탐지광조사단계, 광열자극단계, 코어광탐지단계, 광열측정단계를 포함하며, 필요에 따라 클래드광탐지단계를 더 포함할 수 있다.

[0070] 상기 탐지광조사단계에서는, 상기 광원(110)에서 송출된 탐지광이 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통해 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사된다.

[0071] 상기 광열자극단계에서는, 광열자극광이 상기 시료(500) 상의 측정위치(550)로 조사된다. 도 3 및 도 7의 실시예의 경우 별도의 자극광원(115)에 의해 탐지광과 구분되는 광열자극광이 조사되며, 도 6의 실시예의 경우 탐지광이 광열자극광의 역할을 겸하게 된다.

[0072] 상기 코어광탐지단계에서는, 상기 코어광탐지기(170)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광이 탐지된다. 도 3, 도 6, 도 7의 실시예에서는 코어광 뿐만이 아니

라 클래드광도 측정하므로, 상기 코어광탐지단계와 함께 상기 클래드광탐지단계가 수행된다. 상기 클래드광탐지 단계에서는, 상기 클래드광탐지기(160)에 의해 상기 시료(500)에서 반사된 반사광 중 상기 메인광섬유(121)의 최내층의 클래드(121b)를 통과해온 클래드광이 탐지된다.

[0073] 상기 광열측정단계에서는, 광열효과에 의해 광경로 상 매질의 굴절률이 변화함에 따라 상기 메인광섬유(121)의 코어(121a)를 통과해온 코어광의 광세기가 변화하는 정도를 이용하여, 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정된다. 물론 이 때 클래드광도 함께 측정되었을 경우, 코어광의 광세기 및 클래드광의 광세기가 비교측정됨으로써 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정되게 된다.

[0074] 이 때 앞서 도 5의 그래프로 보인 바와 같이, 광열효과에 의한 매질의 굴절률 변화는 시간적으로 연속적인 변화 양상을 보이다가, 어느 정도의 시간이 지나면 상수값으로 수렴하게 된다. 즉 상기 광열측정단계는, 상기 광열자극단계가 시작된 후 코어광의 광세기가 변화되다가 상수값으로 수렴되어 안정되는 안정화시간 이후에 수행되도록 하는 것이 바람직하다. 상기 안정화시간은 실험에 사용된 광열자극광의 세기, 상기 시료(500)에서 측정하고자 하는 표적물질의 종류 등에 따라 달라질 수 있음을 고려하여 각 상황에 맞게 적절하게 결정될 수 있다.

[0075] 한편 앞서 설명한 바와 같이, 광열효과를 단 한 번만 발생시켜 광열신호를 검출하여도 물론 무방하지만, 광열효과를 여러 번 발생시켜 측정값을 얻고 그 평균값을 이용하는 것이 측정정확도를 보다 향상시킬 수 있다. 이를 위해, 도 3 및 도 7의 실시예에서와 같이 탐지광 및 광열자극광이 구분되는 경우에는, 상기 광열자극단계에서 광열자극광이 기설정된 측정용주파수로 ON/OFF되게 한다. 또한 도 6의 실시예에서와 같이 탐지광 및 광열자극광이 공통인 경우에는, 상기 광열자극단계에서 광열자극광이 기설정된 측정용주파수로 100% 광세기 및 기설정된 저광세기로 교대 조사되게 한다.

[0076] 이렇게 다수 개의 측정값이 얻어지면, 상기 광열측정단계에서, 광열자극광이 ON 또는 100% 광세기일 때 측정된 코어광의 광세기의 평균값을 이용하여 상기 시료(500)의 자극광원 흡수도가 정량적으로 측정할 수 있게 된다. 특히 이 때 광열자극광의 ON/OFF 또는 교대조사의 측정용주파수는 미리 결정되어 알고 있는 값이므로, FFT(Fast Fourier Transform, 고속 푸리에 변환) 방식 등을 이용하면 매우 용이하게 분석을 수행할 수 있다.

[0077] 한편 광열자극광이 조사되면 광열신호 뿐만 아니라 시료 표면의 반복적인 수축 및 팽창에 따른 진동에 의하여 광음향신호도 발생하게 된다. 광음향신호는 음파 형태로 나타나되, 광신호와 마찬가지로 매질의 굴절률 변화에 의하여 역시 경로가 변화하게 된다. 즉 본 발명의 원리를 이용하여 광음향신호를 검출하는 것도 가능하다.

[0078] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

## 부호의 설명

[0079] 100 : 광열신호 검출장치

110 : 광원

115 : 자극광원

120 : 다중클래드 광섬유커플러

121 : 다중클래드 메인광섬유

121a : (다중클래드 메인광섬유의) 코어

121b : (다중클래드 메인광섬유의) 제1클래드

121c : (다중클래드 메인광섬유의) 제2클래드

121d : (다중클래드 메인광섬유의) 제3클래드

122 : 서브광섬유

122a : (서브광섬유의) 코어

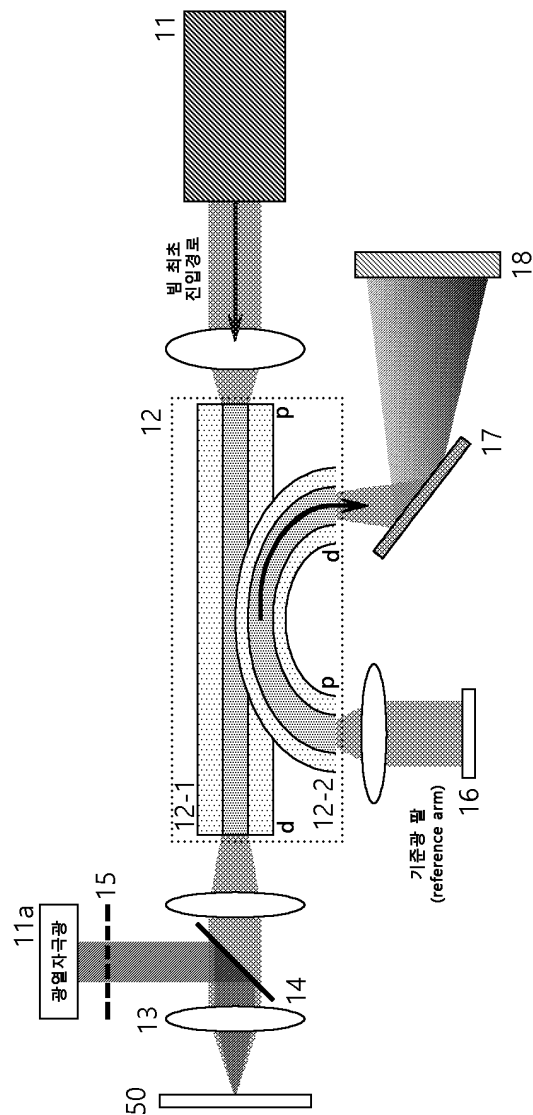
122b : (서브광섬유의) 클래드

125 : 싱글모드 광섬유

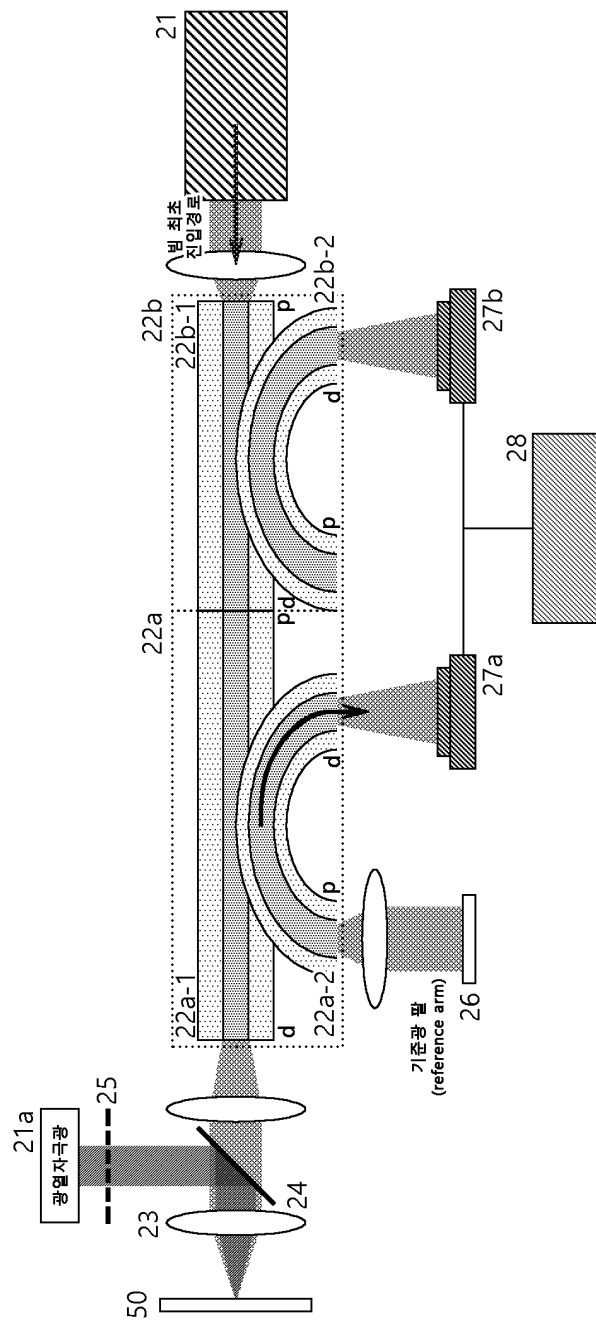
- 125a : (싱글모드 광섬유의) 코어
- 125b : (싱글모드 광섬유의) 클래드
- 130 : 대물렌즈
- 140 : 이색성거울
- 150 : 광변조기
- 155 : 특수광변조기
- 160 : 클래드광탐지기
- 170 : 코어광탐지기
- 180 : 빔스플리터

## 도면

### 도면1

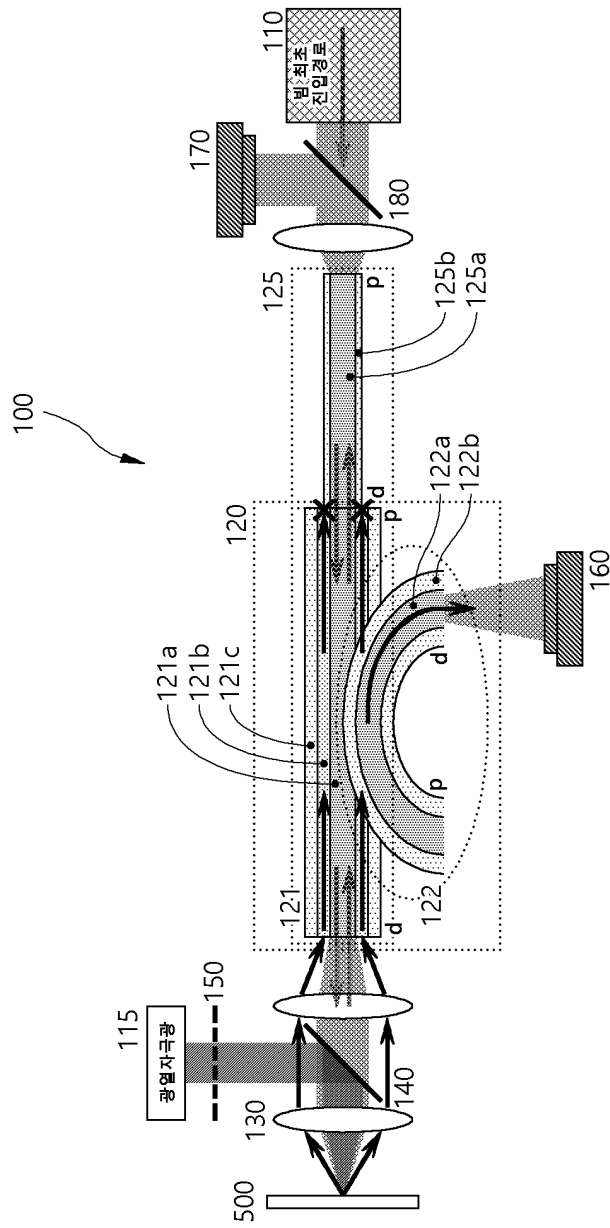


도면2

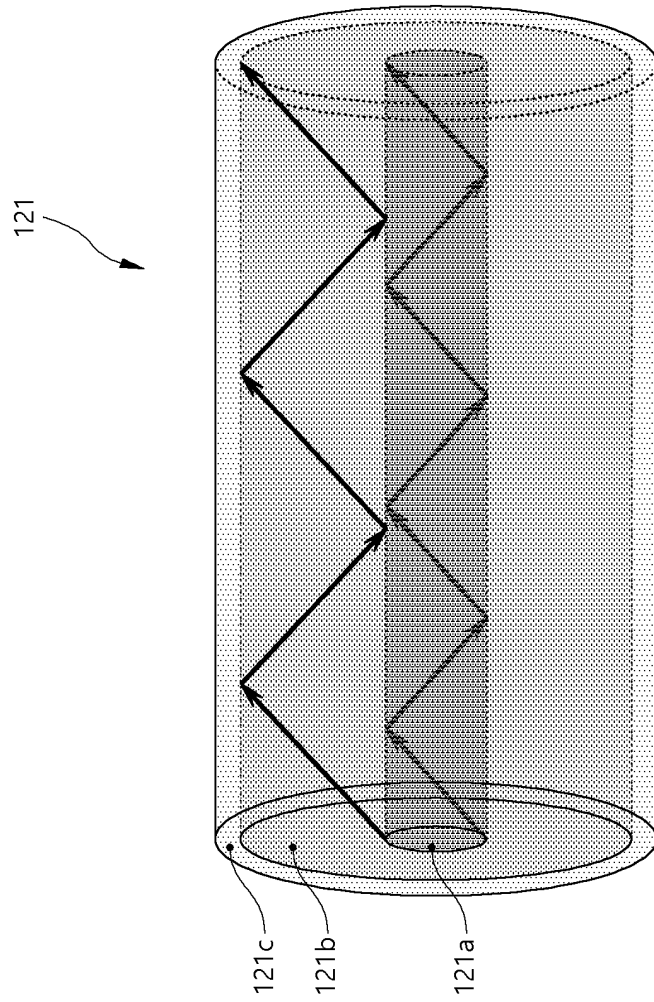




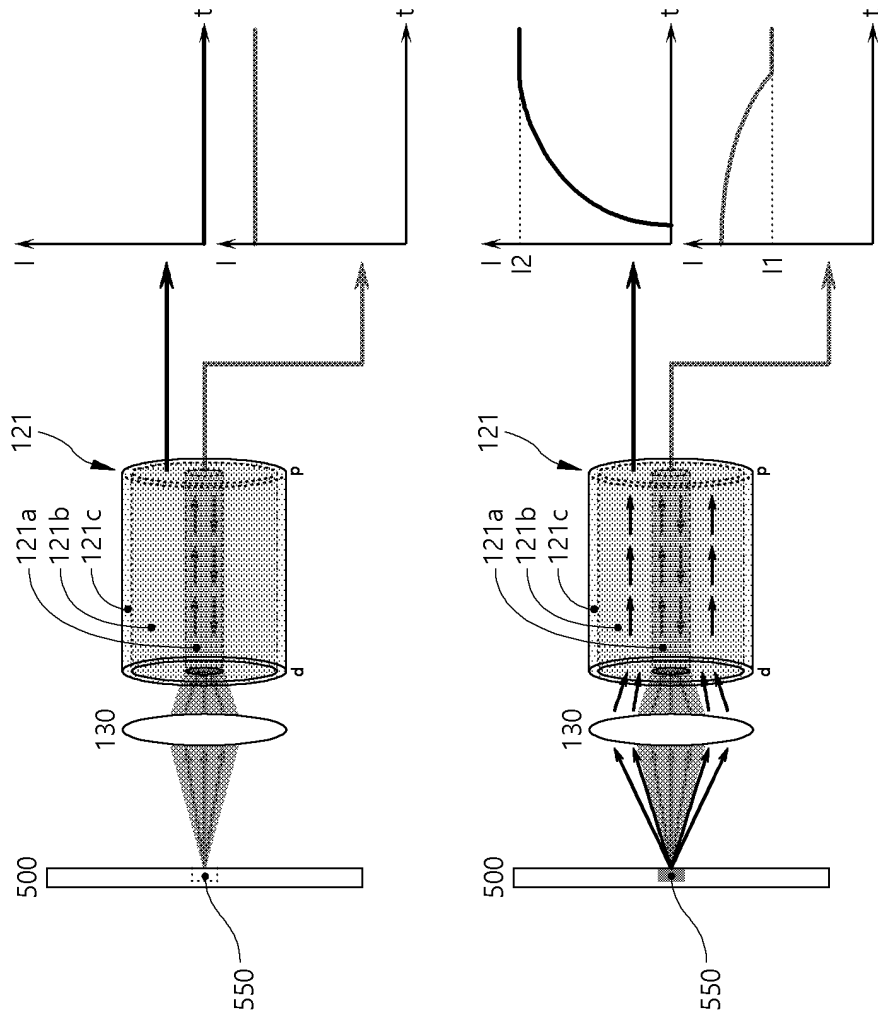
도면3



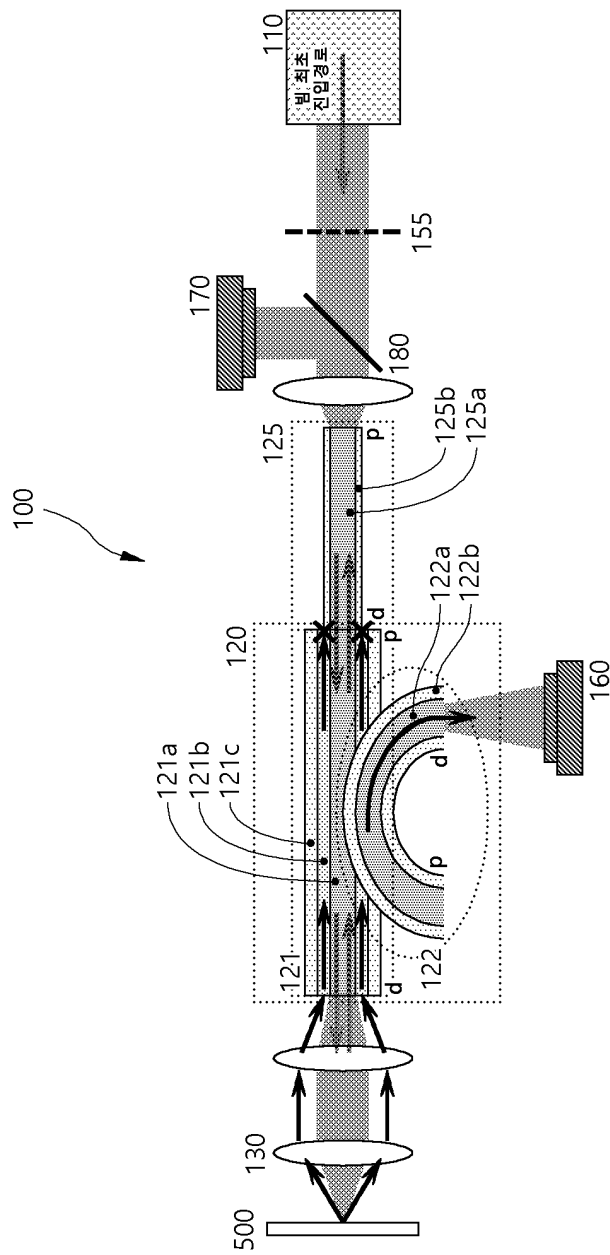
도면4



도면5



도면6



도면7

