



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0114111  
(43) 공개일자 2022년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/27 (2006.01) G01N 21/43 (2006.01)

G01N 21/45 (2006.01) G01N 33/58 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/27 (2013.01)

G01N 21/431 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0017190

(22) 출원일자 2021년02월08일

심사청구일자 2021년02월08일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

주철민

경기도 고양시 일산서구 강선로 92

김의한

서울특별시 서대문구 연희로16길 32

권민성

서울특별시 서대문구 연희로10가길 51

(74) 대리인

특허법인 플러스

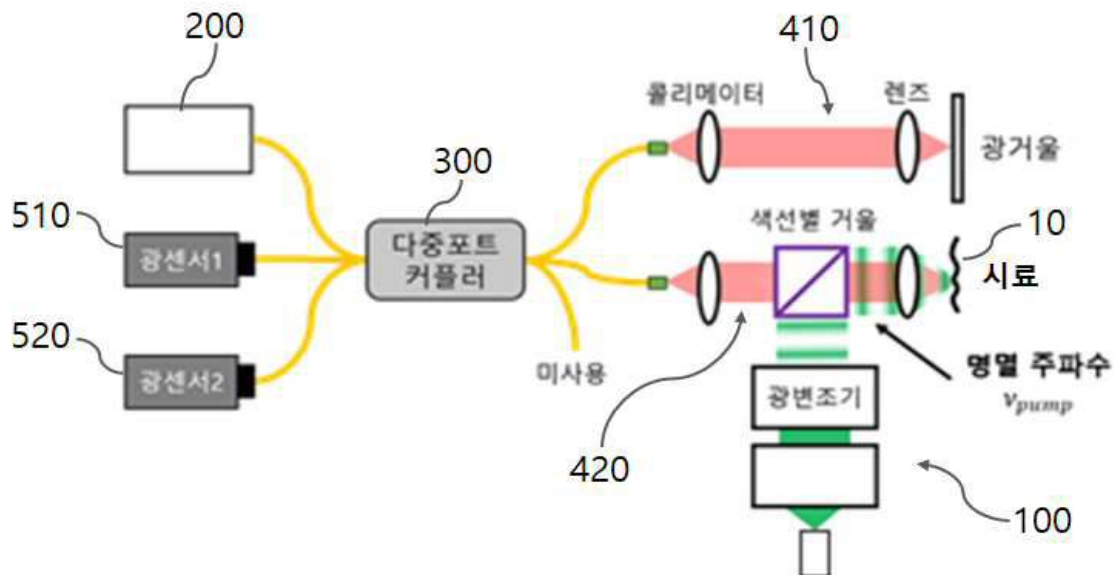
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 다중포트 광커플러 기반 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치는, 표적물질을 포함하는 시료에 명멸 주파수로 변조된 자극광을 조사하는 자극 광원부; 광을 방출하는 탐지 광원부; 상기 광을 기준광과 탐지광으로 분기하고 일단 및 타단에 각각 적어도 3개의 포트를 포함하는 다중포트 커플러; 상기 기준광이 진행하는 제1 광 경로 및 상기 탐지광이 상기 시료로 진행하는 제2 광 경로를 포함하는 광 경로부; 상기 기준광 및 상기 탐지광이 상기 광 경로부를 통과하고 상기 다중포트 커플러로 회귀하여 합해진 간섭광을 검출하는 광 센서부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01N 21/45** (2013.01)

**G01N 33/58** (2020.05)

G01N 2201/06113 (2013.01)

G01N 2201/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991007255

과제번호 202012B08

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 범부처

연구사업명 범부처전주기의료기기연구개발사업

연구과제명 딥러닝 피부 상태 분석 플랫폼 기반 개인맞춤형 스마트 LED 마스크 기기 및 서비스

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2020.09.01 ~ 2021.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

표적물질을 포함하는 시료에 명멸 주파수로 변조된 자극광을 조사하는 자극 광원부;

광을 방출하는 탐지 광원부;

상기 광을 기준광과 탐지광으로 분기하고 일단 및 타단에 각각 적어도 3개의 포트를 포함하는 다중포트 커플러;

상기 기준광이 진행하는 제1 광 경로 및 상기 탐지광이 상기 시료로 진행하는 제2 광 경로를 포함하는 광 경로부;

상기 기준광 및 상기 탐지광이 상기 광 경로부를 통과하고 상기 다중포트 커플러로 회귀하여 합해진 간섭광을 검출하는 광 센서부를 포함하는, 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 광 센서부는 제1 광 센서 및 제2 광 센서를 포함하고,

상기 제1 광센서 및 상기 제2 광센서는 상기 다중포트 커플러에서 합해진 상기 간섭광을 각각 감지하는, 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 광센서 및 상기 제2 광센서가 상기 간섭광으로부터 얻은 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호를 이용하여 상기 시료 내의 상기 표적물질의 농도를 계산하는 농도연산부를 더 포함하는, 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 농도 연산부는,

상기 제1 간섭 신호 및 상기 제2 간섭 신호를 통해 상기 탐지광의 위상 신호를 구하고, 상기 위상 신호를 푸리에 변환하여 상기 표적물질에 광열 효과를 야기한 자극광의 주파수와 동일한 신호 세기를 도출하는, 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치.

### 발명의 설명

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 포트 광커플러가 채용되는 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 최근 광열 효과 기반의 측정 또는 이미징 기법이 생체 공학분야에서 활발히 시도되고 있다. 표적물질에 선택적

으로 공명 흡수되는 자극광이 표적물질을 포함하는 시료에 조사됨에 따라 표적물질에 국소 열 효과를 발생시킨다. 상기 국소 열 효과에 기인한 유도된 굴절률 변화는 탐지광의 파면 변형을 이차 유도하여 탐지 신호의 변동량으로부터 표적물질 농도를 추정 가능하다. 광열 유도 굴절률 변화 감지법은 표적물질의 흡광도를 기반으로 다수의 성분이 혼재된 시편에서도 선택적인 분리 측정이 가능한 장점을 가지고 있다.

[0003] 전통적인 공간섭계를 탐지광에 대해 시료측 경로와 기준 광경로에서 발생하는 굴절률의 차이를 간섭 신호를 통해 표현한다. 간섭 신호는 탐지광의 진폭뿐만 아니라 위상 변화량을 동시에 포함한다. 이는 탐지광 정보 중 단편적으로 진폭만을 감지하는 반사광계보다 민감한 측정이 가능하다. 대면적으로 스캔을 할 경우 일반 광학 현미경보다 분자화학적으로 콘트라스트가 높은 영상을 취득 가능하다. 그러나 서로 다른 광 경로의 구성은 기계적 진동이나 온도 등과 같은 환경적 요인에 의해 쉽게 영향을 받을 수 있다. 따라서, 안정화된 광경로 확보나 추가적인 신호 처리가 요구된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 일단에 포트가 3개 이상인 다중 포트 광섬유를 이용하여 탐지광을 기준광과 측정광으로 분배하고, 되돌아오는 기준광과 측정광이 서로 간섭한 간섭광을 얻음으로써 표적물질의 농도를 측정하는 장치를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치는, 표적물질을 포함하는 시료에 명멸 주파수로 변조된 자극광을 조사하는 자극 광원부; 광을 방출하는 탐지 광원부; 상기 광을 기준광과 탐지광으로 분기하고 일단 및 타단에 각각 적어도 3개의 포트를 포함하는 다중포트 커플러; 상기 기준광이 진행하는 제1 광 경로 및 상기 탐지광이 상기 시료로 진행하는 제2 광 경로를 포함하는 광 경로부; 및 상기 기준광 및 상기 탐지광이 상기 광 경로부를 통과하고 상기 다중포트 커플러로 회귀하여 합해진 간섭광을 검출하는 광 센서부를 포함한다.

[0006] 또한, 상기 광 센서부는 제1 광 센서 및 제2 광 센서를 포함하고, 상기 제1 광센서 및 상기 제2 광센서는 상기 다중포트 커플러에서 합해진 상기 간섭광을 각각 감지한다.

[0007] 또한, 상기 제1 광센서 및 상기 제2 광센서가 상기 간섭광으로부터 얻은 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호를 이용하여 상기 시료 내의 상기 표적물질의 농도를 계산하는 농도연산부를 더 포함한다.

[0008] 또한, 상기 농도 연산부는, 상기 제1 간섭 신호 및 상기 제2 간섭 신호를 통해 상기 탐지광의 위상 신호를 구하고, 상기 위상 신호를 푸리에 변환하여 상기 표적물질에 광열 효과를 야기한 자극광의 주파수와 동일한 신호 세기를 도출한다.

## 발명의 효과

[0009] 본 발명에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치는, 광열 효과를 일으키는 표적물질의 농도를 높은 정확도로 측정할 수 있다.

[0010] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 구성도이다.

도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 간섭 신호를 나타낸다.

도 2b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 간섭 신호를 나타낸다.

도 2c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 간섭 신호에서 추출한 탐지광의 위상 신호를 나타낸다.

도 2d는 도 2c의 탐지광의 위상 신호를 푸리에 변환하여 얻은 그래프를 나타낸다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0013] 본 명세서 사용되는 용어들은 본 발명의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 하여 내려져야 할 것이다.
- [0014] 아울러, 아래에 개시된 실시 예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것이 아니라 본 발명의 청구범위에 제시된 구성요소의 예시적인 사항에 불과하며, 본 발명의 명세서 전반에 걸친 기술사상에 포함되고 청구범위의 구성요소에서 균등물로서 치환 가능한 구성요소를 포함하는 실시 예는 본 발명의 권리범위에 포함될 수 있다.
- [0015] 그리고 아래에 개시된 실시 예에서의 “제1”, “제2”, “일면”, “타면” 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로서, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 구성도이다.
- [0017] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 공간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치는, 자극 광원부(100), 탐지 광원부(200), 다중포트 커플러(300), 광 경로부, 광센서부 및 농도 연산부(미도시)를 포함한다.
- [0018] 자극 광원부(100)는 표적물질의 광에너지 흡수에 의해 미소 열이 발생하는 광열 효과를 야기시키는 자극광을 방출하는 제1 광원과 제1 광원에서 방출된 자극광을 일정한 주파수로 명멸시키는, 즉 명멸 주파수로 자극광의 세기를 변조시키는 광 변조기를 포함한다. 광 변조기는 물리적인 차폐 방법인 광 단속기(optical chopper)를 이용하거나 함수 발생기를 통해 전기적인 방법을 이용할 수 있다.
- [0019] 자극광은 표적물질을 포함하는 시료에 조사된다. 자극광에 의해 표적물질의 광열 효과가 야기되고, 광열 효과에 의해 시료의 굴절률 변화가 일어나고, 시료의 굴절률 변화는 후술할 탐지광과 기준광의 합산에 의한 탐지광의 위상 차 정보가 담긴 간섭 신호를 통해 도출된다.
- [0020] 자극광은 광열 효과를 유도하도록 표적 물질의 흡광도가 높은 파장 대역으로 선정된다.
- [0021] 탐지 광원부(200), 다중포트 커플러(300), 광 경로부 및 광센서부는, 기준광과 탐지광이 각각의 주어진 광 경로를 거친 후 합쳐져 간섭 신호를 형성하는 공간섭계를 구성한다.
- [0022] 탐지 광원부(200)은 광을 방출하는 제2 광원을 포함한다. 상기 광은 상술한 자극광과 서로 다른 주파수를 가진다. 상기 광은 일 예로 레이저 광이 이용된다. 탐지 광원부(200)는 제2 광원에서 방출된 광을 후술할 다중 포트 커플러(300)의 일단의 하나의 포트에 입력시키기 위한 광학계를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 다중 포토 커플러(300)는 일단에 있는 3개의 포트 중 어느 하나의 포트에 입력된 광을 기준광과 탐지광으로 분기하여 타단의 두 개의 포트에 각각 출력시킨다. 도시된 실시 예에서, 다중 포토 커플러(300)는 일단과 타단에 각각 3개의 포트를 갖는다. 다중 포토 커플러(300)의 타단에 있는 3개의 포트 중 하나는 광학 거울에서 반사된 기준광을 수광하고, 다른 하나는 시편 정보를 포함한 탐지광을 수광하고, 나머지 하나는 이용하지 않는다. 또한, 다중 포토 커플러(300)의 일단에 있는 3개의 포트 중 하나는 탐지 광원부(100)에서 방출된 광을 입력하고, 나머지 둘은 간섭광을 분기하여 각각 광센서로 출력한다.
- [0024] 도시된 실시 예에서는 2개의 광센서를 이용하는 경우를 설명하고 있지만, 표적물질의 산란 정도에 따라 이용되는 광센서가 3개인 경우에는 광이 입력되는 포트에 광 아이솔레이터와 같은 광학 부품을 포함시킬 수 있다. 즉, 다중 포토 커플러(300)의 일단에 있는 3개의 포트에서 모두 간섭광을 측정하여 측정광 변화를 고민감도로 보정할 수 있다.
- [0025] 광 경로부는 제1 광 경로(410) 및 제2 광 경로(420)를 포함한다. 제1 광 경로(410)는 기준광이 진행하는 경로로서 콜리메이터, 렌즈 및 거울이 구비된다. 제2 광 경로(420)는 탐지광이 진행하는 경로로서 렌즈, 색선택 거울 및 표적 물질을 포함하는 시료가 구비된다.
- [0026] 제2 광 경로(420)에서 서로 다른 파장 대역의 탐지광과 자극광의 광축이 색선택 거울(다이크로익 미러)을 통해 일치되고, 탐지광의 광초점 크기는 자극광의 광초점 크기의 반진폭너비(full width half maximum)와 유사하도록 조절된다.
- [0027] 제1 광 경로(410)를 진행하는 기준광은 거울에 의해 반사되어 다중 포토 커플러(300)로 회귀한다. 제2 광 경로

(420)를 진행하는 탐지광은 시료와 상호작용한 후 산란 또는 반사되어 다중 포트 커플러(300)로 회귀한다. 상기 기준광 및 탐지광이 각각 제1 광 경로(410) 및 제2 광 경로(420)를 통과하고 다중포트 커플러(300)로 회귀하여 합해짐으로써 다중포트 커플러(300) 내부에서 간섭광이 형성된다.

[0028] 이때, 간섭광이 형성되기 위해서 제1 광 경로(410) 및 제2 광 경로(420)에서 각각 진행하는 기준광 및 탐지광의 광 경로 길이의 차는 가간섭성 길이보다 짧아야 하며, 상기 가간섭성 길이는 제2 광원에서 방출되는 광의 중심 파장과 스펙트럼 폭에 의해 결정된다.

[0029] 광 센서부는 적어도 하나의 광 센서를 포함하고, 광 센서는 간섭광을 감지하여 전기적 간섭 신호로 변환한다. 도시된 실시 예에서, 광 센서부는 제1 광 센서 및 제2 광 센서를 포함하고, 제1 광센서 및 제2 광센서는 다중포트 커플러(300)에서 합해진 간섭광을 각각 감지하고 간섭 신호를 농도 연산부로 전달한다.

[0030] 다중포트 커플러(300)에서 합해진 간섭광이 각기 다른 포트에 분배될 때 에너지 분배와 동시에 분배된 간섭광 사이에 위상 차가 발생한다. 도시된 3 by 3의 다중포트 커플러(300)에서 간섭광이 분배될 때 분배된 간섭광 사이의 위상 차는 120도씩이며, 이는 기준광과 탐지광 사이의 광 경로 차이와 무관한 고유 위상차(Intrinsic Phase Shift, IPS)이다.

[0031] 상술한 바와 같이 표적 물질 또는 표적물질을 포함하는 시료의 종류에 따라 요구되는 광센서의 개수가 가변될 수 있으며, 광 센서로 향하는 광의 진폭 변화가 적은 경우는 도시된 실시 예와 같이 2개의 광 센서만으로 표적 물질의 농도를 측정하는데 필요한 신호를 얻을 수 있다. 도시된 실시 예와 달리 고산란 시편의 경우 추가된 광 센서 및 추가된 광 센서로 향하는 광을 고민감도로 취득하기 위한 광학필터, 편광판 등의 광학 부품이 광 센서부에 더 포함될 수 있다.

[0032] 농도 연산부는 광 센서부와 전기적으로 연결되어 광 센서부의 광 센서가 간섭광으로부터 얻은 간섭 신호를 이용하여 시료 내의 표적 물질의 농도를 계산한다. 일 실시 예에서, 농도 연산부는 제1 광센서 및 제2 광센서가 간섭광으로부터 얻은 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호를 이용하여 시료 내의 표적물질의 농도를 계산한다.

[0033] 일 실시 예에서, 간섭 신호는 직류 성분 값과 위상 정보를 포함하는 교류 성분 값의 합산으로 나타나고, 제1 간

$$DC_1 + A_1 \cos(\phi_{\text{sample}})$$

섭 신호는 로 표현되고, 제2 간섭 신호는 제1 간섭 신호와 고유 위상차를 갖는

$$DC_2 + A_2 \cos(\phi_{\text{sample}} + \Delta\phi_{\text{IPS}})$$

로 표현된다.

[0034] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 간섭 신호를 나타낸다.

[0035] 도 2a를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호는 도 2a의 그래프와 같이 도시된다.

[0036] 도 2b는 자극광이 시료에 조사되지 않을 때 본 발명의 일 실시 예에 따른 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 제1 광 센서 및 제2 광 센서가 감지하는 신호를 나타내며, 다중포트 커플러의 분기에 의한 고유 위상차로 인해 신호 세기의 차이만이 나타난다.

[0037] 도 2c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 광간섭계를 이용한 표적물질 농도 측정 장치의 간섭 신호에서 추출한 탐지광의 위상 신호를 나타내고, 도 2d는 도 2c의 탐지광의 위상 신호를 푸리에 변환하여 얻은 그래프를 나타낸다.

[0038] 도 2c를 참조하면, 농도 연산부는 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호를 통해 탐지광의 위상 신호를 수학식 1과 같이 구한다.

[0039] 수학식 1

$$\tan(\phi(t)) = \frac{C_1 \cos \Delta\phi_{\text{IPS}} - r(t) C_2}{C_2 \sin \Delta\phi_{\text{IPS}}}$$

[0040]

[0041] 여기서,  $C_1$ 는 포트의 에너지 전달을 기반의 상수이며,  $\Delta\phi_{\text{IPS}}$ 는 다중포트 광섬유 일단의 두 포트 간의 고유 위상차이고,  $r(t)$ 는 각 측정 시점에서 측정된 두 간섭 신호의 비를 의미한다.

[0042] 농도 연산부는 다중포토 광섬유의 포트들 사이의 상수로 구성되는 수학식 1에 의한 단순한 계산을 통해 즉각적인 탐지광의 위상 복원이 가능하고, 탐지광의 위상은 도 2c의 그래프와 같다. 또한, 탐지광 위상 복원의 속도는 광 센서의 샘플링 레이트에 준한다.

[0043] 도 2d를 참조하면, 농도 연산부는 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호를 통해 구한 탐지광의 위상 신호를 푸리에 변환하여 표적물질에 광열 효과를 야기한 자극광의 주파수 및 세기를 도출한다. 도 2c의 탐지광의 위상 신호를 푸리에 변환하면 도 2d의 그래프가 도출된다. 도 2d의 그래프에는 표적물질에 광열 효과를 야기한 자극광의 주파수 및 세기가 표시된다.

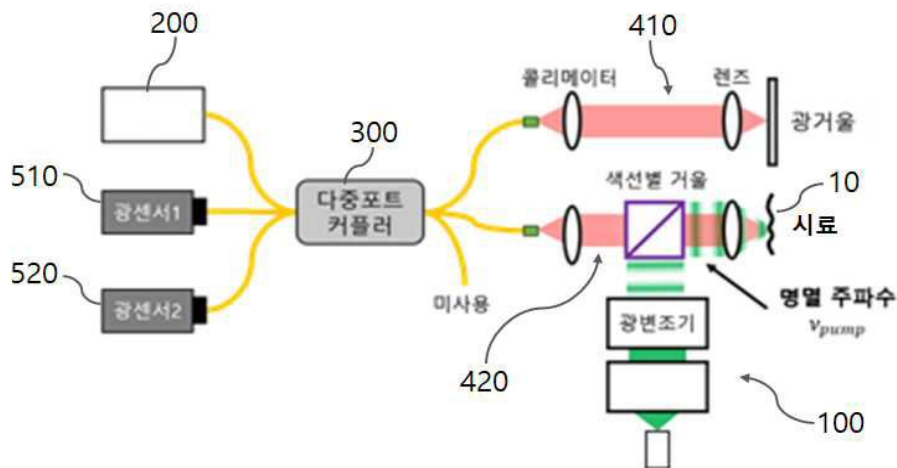
[0044] 농도 연산부는 탐지광의 위상 신호를 통해 도출된 자극광의 세기와 표적물질의 농도 사이의 상관 관계를 통해 시료 내의 표적물질의 농도를 결정한다.

## 부호의 설명

- [0045]
- 100 자극 광원부
  - 200 탐지 광원부
  - 300 다중포트 커플러
  - 410 제1 광 경로
  - 420 제2 광 경로
  - 510 제1 광 센서
  - 520 제2 광 센서
  - 10 시료

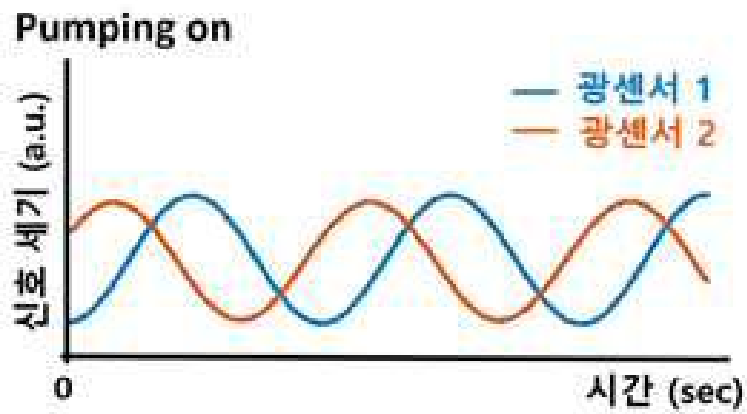
## 도면

### 도면1

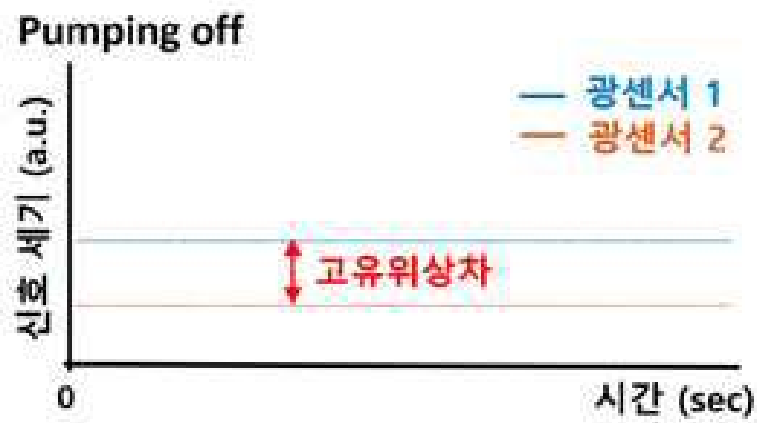




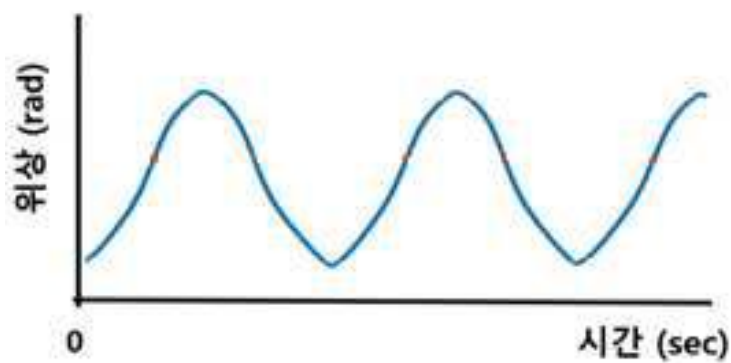
도면2a



도면2b



도면2c





도면2d

