(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0081628
(43) 공개일자 2013년07월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 9/02 (2006.01) *A61B 1/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0082564
(22) 출원일자 2012년07월27일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020120002469 2012년01월09일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
임재균
경기도 성남시 분당구 정자동 상록마을라이프아파트 202-1603
최현
서울특별시 송파구 잠실동 303-2번지 302호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

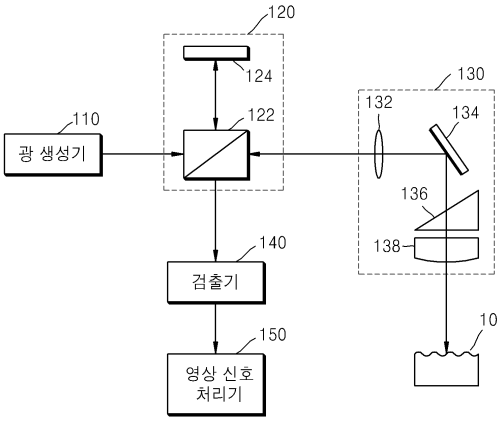
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 **광 프로브 및 이를 포함하는 광 간섭 단층 촬영 장치**

(57) 요 약

본 발명에 의한 광 프로브는, 외부로부터 전달받은 광의 진행 경로를 조절하는 광 경로 조절부; 상기 광 경로 조절부에서 광의 진행 경로가 조절됨에 따라 광로 길이(optical path length)에 차이가 발생하도록 하는 광로 길이 조절 부재; 및 상기 광로 길이 조절 부재를 통과한 광을 출력하는 광 출력부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

최민석

서울특별시 송파구 풍납동 413-1 현대아파트 103-707

이성덕

경기도 성남시 분당구 이매동 이매촌청구아파트 602-1103

장우영

경기도 성남시 분당구 서현동 효자촌삼환아파트 512-102

최원희

경기도 용인시 기흥구 농서동 삼성종합기술원

김법민

서울특별시 성북구 정릉동 산1번지 고려대학교 보건과학대학 생체의공학과

정현우

서울특별시 성북구 정릉동 산1번지 고려대학교 보건과학대학 생체의공학과

특허청구의 범위

청구항 1

대상체에 광을 조사하기 위한 광 프로브에 있어서,

외부로부터 전달받은 광의 진행 경로를 조절하는 광 경로 조절부;

상기 광 경로 조절부에서 광의 진행 경로가 조절됨에 따라 광로 길이(optical path length)에 차이가 발생하도록 하는 광로 길이 조절 부재; 및

상기 광로 길이 조절 부재를 통과한 광을 출력하는 광 출력부를 포함하는 광 프로브.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광 경로 조절부는 상기 광 출력부에서 출력된 광이 상기 대상체에 조사되는 지점이 기 설정된 방향으로 기 설정된 길이만큼 반복하여 이동하도록 광의 진행 경로를 조절하며,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광이 대상체에 조사되는 지점이 매번 이동할 때마다 상기 광의 광로 길이가 일정하게 증가하도록 하는 광 프로브.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광을 통과시키며, 광이 통과하는 지점에 따라 광로 길이에 차이가 발생하도록 하는 것을 특징으로 하는 광 프로브.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 동일한 굴절률을 가지는 재질로 형성되며, 두께가 일정하지 않은 광 프로브.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광의 진행 방향과 평행하게 절단된 단면이 웨지(wedge) 형상인 광 프로브.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 어느 일면 또는 양면의 단면이 메니스커스(meniscus) 형상인 광 프로브.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 서로 다른 굴절률을 가지는 둘 이상의 재질로 형성되는 광 프로브.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 표면에 돌기가 형성되어 있는 광 프로브.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광의 일부를 차단하여 광의 직경이 감소하도록 함으로써 차단 전에 비하여 상대적으로 광로 길이 조절 효과가 발생하도록 하는 것을 특징으로 하는 광 프로브.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 조절된 광의 진행 경로에 따라 광의 직경이 달라지도록 하는 것을 특징으로 하는 광 프로브.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 광 경로 조절부는 고정된 축을 중심으로 일정 반경만큼 회전 이동하는 미러(mirror)인 광 프로브.

청구항 12

대상체에 광을 조사하여 단층 촬영을 하는 광 간섭 단층 촬영 장치에 있어서,

광을 생성하는 광 생성기;

상기 생성된 광을 측정 광선 및 참조 광선으로 분리하고, 상기 측정 광선은 광 프로브에 전달하고, 상기 측정 광선이 대상체에서 반사되어 돌아온 응답 광선을 상기 광 프로브로부터 수신하는 광 결합기;

상기 응답 광선과 상기 참조 광선에 의해 발생되는 간섭 신호를 검출하는 검출기; 및

상기 검출된 간섭 신호를 이용하여 상기 대상체의 단층 촬영 영상을 생성하는 영상 신호 처리기를 포함하며,

상기 광 프로브는,

상기 광 결합기로부터 전달받은 광의 진행 경로를 조절하는 광 경로 조절부;

상기 광 경로 조절부에서 광의 진행 경로가 조절됨에 따라 광로 길이(optical path length)에 차이가 발생하도록 하는 광로 길이 조절 부재; 및

상기 광로 길이 조절 부재를 통과한 광을 출력하는 광 출력부를 포함하는 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 광 경로 조절부는 상기 광 출력부에서 출력된 광이 상기 대상체에 조사되는 지점이 기 설정된 방향으로 기 설정된 길이만큼 반복하여 이동하도록 광의 진행 경로를 조절하며,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광이 대상체에 조사되는 지점이 매번 이동할 때마다 상기 광의 광로 길이가 일정하게 증가하도록 하는 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광을 통과시키며, 광이 통과하는 지점에 따라 광로 길이에 차이가 발생하도록 하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 동일한 굴절률을 가지는 재질로 형성되며, 두께가 일정하지 않은 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광의 진행 방향과 평행하게 절단된 단면이 웨지 형상인 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 어느 일면 또는 양면의 단면이 메니스커스 형상인 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 서로 다른 굴절률을 가지는 둘 이상의 재질로 형성되는 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 표면에 돌기가 형성되어 있는 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 20

제12항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광의 일부를 차단하여 광의 직경이 감소하도록 함으로써 차단 전에 비하여 상대적으로 광로 길이 조절 효과가 발생하도록 하는 것을 특징으로 하는

광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 조절된 광의 진행 경로에 따라 광의 직경이 달라지도록 하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 촬영 장치.

청구항 22

제12항에 있어서,

상기 광 경로 조절부는 고정된 축을 중심으로 일정 반경만큼 회전 이동하는 미러인 광 간섭 단층 촬영 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 광 간섭 단층 촬영 장치에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 광로 길이(optical path length) 조절이 가능한 광 프로브 및 이를 포함하는 광 간섭 단층 촬영 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에는 인체 조직 또는 다양한 재료와 같은 대상체의 내부 구조를 관찰할 수 있는 방법 및 장치들이 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. X선 장치(X-ray system), CT(Computerized Tomography) 스캐너, MRI(Magnetic Resonance Image) 장치 및 초음파 장치(Ultrasound system) 등의 다양한 내부 투과영상 및 단층영상 촬영 장비들이 그 예들이다. 이러한 장비들은 인체와 생명체의 내부 구조를 직접 절개하지 않고 각종 질병의 원인과 위치 및 진행과정을 파악함으로써 의료분야에 있어서 중요한 위치를 차지하고 있다. 따라서, 이러한 진단 장비에 있어서 생명체에 대한 저 유해성, 고 분해능 영상 획득, 합리적인 가격 및 이동 및 사용의 편리성 등은 중요한 요소로 인식되고 있다.

[0003] 특히, 광 간섭 단층촬영(Optical Coherence Tomography) 장치는 대상체에 조사되어 반사되는 광과 기준이 되는 광과의 간섭 현상을 이용하여 대상체의 내부 구조를 촬영할 수 있는 장치로, 고 해상도의 영상을 얻는 것이 가능하고 인체에 무해하다는 장점이 있어 의료분야에서 널리 사용되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 풀 레인지(full range) 광 간섭 단층 촬영 장치에 필요한 광로 길이(optical path length) 조절이 가능한 광 프로브 및 이를 포함하는 광 간섭 단층 촬영 장치를 제공하고자 한다. 특히, 제품의 소형화가 가능한 광 프로브를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광 프로브는, 외부로부터 전달받은 광의 진행 경로를 조절하는 광 경로 조절부; 상기 광 경로 조절부에서 광의 진행 경로가 조절됨에 따라 광로 길이(optical path length)에 차이가 발생하도록 하는 광로 길이 조절 부재; 및 상기 광로 길이 조절 부재를 통과한 광을 출력하는 광 출력부를 포함할 수 있다.

[0006] 이때, 상기 광 경로 조절부는 상기 광 출력부에서 출력된 광이 상기 대상체에 조사되는 지점이 기 설정된 방향으로 기 설정된 길이만큼 반복하여 이동하도록 광의 진행 경로를 조절하며, 상기 광로 길이 조절부재는 상기 광이 대상체에 조사되는 지점이 매번 이동할 때마다 상기 광의 광로 길이가 일정하게 증가하도록 할 수 있다.

[0007] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광을 통과시키며, 광이 통과하는 지점에 따라 광로 길이에 차이가 발생하도록 할 수 있다.

[0008] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 동일한 굴절률을 가지는 재질로 형성되며, 두께가 일정하지 않을 수 있다.

[0009] 또한 이때, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광의 진행 방향과 평행하게 절단된 단면이 웨지(wedge) 형상일 수 있다.

[0010] 또는 이때, 상기 광로 길이 조절 부재는 어느 일면 또는 양면의 단면이 메니스커스(meniscus) 형상일 수 있다.

[0011] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 서로 다른 굴절률을 가지는 둘 이상의 재질로 형성될 수 있다.

[0012] 또는, 상기 광로 길이 조절 부재는 표면에 돌기가 형성되어 있을 수 있다.

[0013] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광의 일부를 차단하여 광의 직경이 감소하도록 함으로써 광로 길이에 차이가 발생하도록 할 수 있다.

[0014] 이때, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 조절된 광의 진행 경로에 따라 광의 직경이 달라지도록 할 수 있다.

[0015] 한편, 상기 광 경로 조절부는 고정된 축을 중심으로 일정 반경만큼 회전 이동하는 미러(mirror)일 수 있다.

[0016] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영 장치는, 광을 생성하는 광 생성기; 상기 생성된 광을 측정 광선 및 참조 광선으로 분리하고, 상기 측정 광선은 광 프로브에 전달하고, 상기 측정 광선이 대상체에서 반사되어 돌아온 응답 광선을 상기 광 프로브로부터 수신하는 광 결합기; 상기 응답 광선과 상기 참조 광선에 의해 발생되는 간섭 신호를 검출하는 검출기; 및 상기 검출된 간섭 신호를 이용하여 상기 대상체의 단층 촬영 영상을 생성하는 영상 신호 처리기를 포함하며, 상기 광 프로브는, 상기 광 결합기로부터 전달받은 광의 진행 경로를 조절하는 광 경로 조절부; 상기 광 경로 조절부에서 광의 진행 경로가 조절됨에 따라 광로 길이에 차이가 발생하도록 하는 광로 길이 조절 부재; 및 상기 광로 길이 조절 부재를 통과한 광을 출력하는 광 출력부를 포함할 수 있다.

[0017] 이때, 상기 광 경로 조절부는 상기 광 출력부에서 출력된 광이 상기 대상체에 조사되는 지점이 기 설정된 방향으로 기 설정된 길이만큼 반복하여 이동하도록 광의 진행 경로를 조절하며, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광이 대상체에 조사되는 지점이 매번 이동할 때마다 상기 광의 광로 길이가 일정하게 증가하도록 할 수 있다.

[0018] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광을 통과시키며, 광이 통과하는 지점에 따라 광로 길이에 차이가 발생하도록 할 수 있다.

[0019] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 동일한 굴절률을 가지는 재질로 형성되며, 두께가 일정하지 않을 수 있다.

[0020] 또한 이때, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광의 진행 방향과 평행하게 절단된 단면이 웨지 형상일 수 있다.

[0021] 또는 이때, 상기 광로 길이 조절 부재는 어느 일면 또는 양면의 단면이 메니스커스 형상일 수 있다.

[0022] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 서로 다른 굴절률을 가지는 둘 이상의 재질로 형성될 수 있다.

[0023] 또는, 상기 광로 길이 조절 부재는 표면에 돌기가 형성되어 있을 수 있다.

[0024] 한편, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 진행 경로가 조절된 광의 일부를 차단하여 광의 직경이 감소하도록 함으로써 광로 길이에 차이가 발생하도록 할 수 있다.

[0025] 이때, 상기 광로 길이 조절 부재는 상기 광 경로 조절부에서 조절된 광의 진행 경로에 따라 광의 직경이 달라지도록 할 수 있다.

[0026] 한편, 상기 광 경로 조절부는 고정된 축을 중심으로 일정 반경만큼 회전 이동하는 미러일 수 있다.

발명의 효과

[0027] 광 프로브 내부의 갈바노 스캐너(galvano scanner)를 피벗-오프(pivot-off)시키지 않고 광로 길이(optical path length) 조절 부재를 이용하여 출력되는 광의 광로 길이를 조절함으로써 제품의 소형화가 가능한 장점이 있다.

[0028] 또한, 피에조 액추에이터를 사용하는 광 프로브에 광로 길이 조절 부재를 포함하도록 함으로써 풀 레인지 구현

을 위한 모듈레이션을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영(Optical Coherence Tomography) 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 광로 길이 조절 부재를 포함하는 광 프로브의 내부 구성을 도시한 도면이다.

도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 광로 길이 조절 부재의 단면을 도시한 도면이다.

도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 광로 길이 조절 부재의 단면의 형상을 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 피에조 액추에이터를 사용하는 광 프로브의 내부 구성을 도시한 도면이다.

도 7a 및 도 7b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광 및 반사광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다.

도 8a 및 도 8b 는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광 및 반사광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다.

도 10a 및 도 10b는 본발명의 또 다른 실시예들에 따른 광 프로브의 내부 구성을 도시한 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 실시예들의 특징을 보다 명확히 설명하기 위하여 이하의 실시예들이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 널리 알려져 있는 사항들에 관해서는 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영(Optical Coherence Tomography) 장치의 구성을 도시한 도면이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영 장치는 광 생성기(110), 광 결합기(120), 광 프로브(130), 검출기(140) 및 영상 신호 처리기(150)를 포함할 수 있다. 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영 장치의 동작 특성을 설명하면 다음과 같다.

[0032] 광 생성기(110)는 광을 생성하여 광 결합기(120)로 전달한다. 광 결합기(120)는 빔 스플리터(beam splitter)(122) 및 기준 미러(124)를 포함할 수 있다. 광 생성기(110)로부터 전달된 광은 빔 스플리터(122)에서 측정광 및 참조광으로 분리된다. 빔 스플리터(122)에서 분리된 광 중에서 측정광은 광 프로브(130)에 전달되고, 참조광은 기준 미러(124)로 전달되어 반사된 후 다시 빔 스프리터(122)로 돌아온다. 한편, 광 프로브(130)로 전달된 측정광은 광 프로브(130)를 통해 내부의 단층 영상을 촬영하고자 하는 대상체(10)에 조사되고, 조사된 측정광이 대상체(10)에서 반사된 응답광은 광 프로브(130)를 통해 광 결합기(120)의 빔 스플리터(122)로 전달된다. 전달된 응답광과 기준 미러(124)에서 반사된 참조광은 빔 스플리터(122)에서 간섭을 일으키며, 검출기(140)는 간섭 신호를 검출한다. 그리고 검출기(140)가 검출한 간섭 신호를 영상 신호 처리기(150)에 전달하면 영상 신호 처리기(150)는 이를 대상체(10)의 단층 영상을 나타내는 영상 신호로 변환한다.

[0033] 한편, 본 실시예는 풀 레인지(full range) 광 간섭 단층 촬영 장치임을 전제하므로, 이하에서는 풀 레인지 광 간섭 단층 촬영 장치에 대한 설명 및 이를 구현하기 위한 광 프로브(130)의 내부 구성 및 동작 특성을 설명한다.

[0034] 풀 레인지 광 간섭 단층 촬영 장치는 측정광이 대상체(10)에 조사되는 지점이 횡(lateral) 방향으로 이동함에 따라 측정광의 광로 길이(optical path length)를 변화시킨다. 보다 상세하게는 측정광이 대상체(10)에 조사되는 지점을 횡 방향으로 동일한 길이만큼 연속하여 이동시키면서 스캔을 수행하고, 측정광이 대상체(10)에 조사되는 지점이 횡 방향으로 이동될 때마다 측정광의 광로 길이가 동일한 길이만큼 증가하는 방식으로 모듈레이션을 수행한다. 이때, 측정광이 대상체(10)에 조사되는 방향, 즉 대상체(10)의 깊이 방향을 종(axial) 방향이라고 하고, 이에 수직인 방향이 횡 방향이 된다. 또한, 여기서 광로 길이란 굴절률 n의 매질 중을 광이 거리 l만큼

통과할 때 n과 l의 곱을 광로 길이라고 한다. 즉, 매질을 통과하는 동안 걸린 시간과 동일한 시간 동안에 광이 진공 중을 통과하는 거리와 같다. 이와 같이 측정광의 광로 길이를 변화시키면서 측정광이 대상체(10)에 조사되는 지점을 횡 방향으로 이동시키는 역할을 광 프로브(130)가 수행한다.

[0035] 도 1을 참조하면, 광 프로브(130)는 콜리메이터(collimator) 렌즈(132), 갈바노 스캐너(galvano scanner)(134), 광로 길이 조절 부재(136) 및 렌즈(138)를 포함할 수 있다. 여기서 갈바노 스캐너(134)는 일정한 축을 중심으로 일정 반경 회전이 가능한 미러(mirror)로서 MEMS(Micro Electro Mechanical System)로부터 회전에 필요한 구동력을 얻는 MEMS 스캐너로 구현될 수 있다. 또한, 광로 길이 조절 부재(136)는 일정한 굴절률(refractive index)을 가지는 하나의 재질 또는 서로 다른 굴절률을 가지는 둘 이상의 재질을 이용하여 다양한 형상으로 제작된 부재로서 광이 광로 길이 조절 부재(136)를 통과하는 지점에 따라 광로 길이가 달라지도록 한다.

[0036] 광 결합기(120)로부터 전달된 측정광은 광 프로브(130)의 콜리메이터 렌즈(132)를 통과하며 시준되고, 갈바노 스캐너(134)에서 반사됨으로써 진행 방향이 조절되어 광로 길이 조절 부재(136) 및 렌즈(138)를 차례로 통과한 후 대상체(10)에 조사될 수 있다. 갈바노 스캐너(134)가 일정한 축을 중심으로 회전 이동함에 따라 측정광이 대상체(10)에 조사되는 지점이 횡 방향으로 이동하게 되며, 이때 갈바노 스캐너(134)가 회전 이동함에 따라 측정광이 광로 길이 조절 부재(136)를 통과하는 지점 또한 이동하므로 측정광의 광로 길이가 변화하게 된다.

[0037] 한편, 도면에는 도시하지 아니하였으나 광 프로브(130)는 콜리메이터 렌즈(132), 갈바노 스캐너(134), 광로 길이 조절 부재(136) 및 렌즈(138)를 내부에 구비하는 하우징(미도시)을 포함할 수 있다. 그리고 광로 길이 조절 부재(136) 및 렌즈(138)를 통과한 측정광은 하우징(미도시)의 개구부에서 출력되어 대상체(10)에 조사된다. 따라서, 측정광이 출력되는 하우징(미도시)의 개구부를 광 출력부라고 할 수 있다.

[0038] 이와 같이 광로 길이를 변화시켜가며 대상체(10)에 측정광을 횡 방향으로 스캔하는 자세한 내용은 아래의 도 2를 참조하며 설명한다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 프로브(130)의 내부에서 측정광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다. 도 2를 참조하면, 갈바노 스캐너(134)가 회전 이동함으로써 측정광의 진행 방향을 횡 방향으로 일정 길이만큼 이동시킴을 알 수 있다. 갈바노 스캐너(134)는 측정광의 진행 방향이 제1 방향으로부터 제N 방향까지 조절되도록 회전 이동하며, 제1 방향의 측정광은 도 2의 d_{11} 및 d_{12}에 대응되는 광로 길이를 진행하고, 제2 방향의 측정광은 도 2의 d_{21} 및 d_{22}에 대응되는 광로 길이를 진행하고, 제N 방향의 측정광은 도 2의 d_{N1} 및 d_{N2}에 대응되는 광로 길이를 진행한다. 즉, 측정광이 제i 방향(i=1, 2, ..., N)으로 조절되었을 때 갈바노 스캐너(134)에서 반사되어 광로 길이 조절 부재(136)를 통과할 때까지 진행하는 광로 길이를 d_i라고 한다면 다음과 같은 수식이 성립한다.

수학식 1

[0039] $$d_i = d_{i1} + n \times d_{i2}$$

[0040] 이때, n은 광로 길이 조절 부재(136)를 형성하는 재질의 굴절률이다.

[0041] 또한, 진행 방향이 인접한 두 측정광, 즉 제i+1 방향의 측정광과 제i 방향의 측정광 사이의 광로 길이의 차는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0042] $$\Delta x = d_{i+1} - d_i$$

[0043] 따라서, 광로 길이 조절 부재(136)의 경사진 윗면이 밑면과 이루는 각도, 부재를 형성하는 재질의 굴절률, 갈바노 스캐너(134)의 회전 이동의 중심이 되는 축의 위치 또는 부재의 곡률등을 조절함으로써 Δx를 조절하여 모

듈레이션을 변경시킬 수 있다. Δx를 이용하여 모듈레이션을 수행하는 구체적인 방법은 아래의 수식을 이용하여 자세하게 설명한다.

[0044] 상기 수학식 2의 Δx를 $\frac{1}{f_B}$ 라고 하면 도 1의 광 간섭 단층 촬영 장치의 검출기(140)에서 수신하는 간섭 신호의 파워는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

수학식 3

[0045] $$I_D(k_i, x) = S(k_i)\sum_{n=1}^{N}\rho_n(x)\cos(2k_i\Delta z + f_B x) + DC$$

[0046] 상기 수학식 3에서 x는 측정광의 진행 방향이 이동하는 횡 방향을 x 축이라고 했을 때 측정광이 대상체(10)에 조사되는 지점의 좌표를 나타내고, k_i는 제i 방향으로 조절된 측정광의 파수(wave number)를 나타낸다. 또한, I_D는 검출기(140)에서 수신하는 간섭 신호의 파워이고, $S(k_i)$는 광원의 파장별 진폭(amplitude)을 나타내고, $\rho_n(x)$는 횡 방향 진폭을 나타낸다. 그리고 Δz는 빔 스플리터(122)로부터 대상체(10)까지 광이 이동하는 거리에서 빔 스플리터(122)로부터 기준 미러(124)까지 광이 이동하는 거리를 뺀 차이를 의미한다.

[0047] 한편, 상기 수학식 3은 오일러 공식(Euler's formula)을 이용해 복소수 지수(exponential)를 포함하는 항으로 전개하고 정리하면 다음과 같은 수식이 된다.

수학식 4

[0048] $$A(k_i, x)e^{2jf_B x} + A^*(k_i, x)e^{-2jf_B x} + DC$$

[0049] 이와 같이 모듈레이션을 수행하기 위해서는 상기 설명한 바와 같이 측정광의 진행 방향이 변경될 때마다 증가하는 광로 길이가 일정해야 한다. 즉, 다음과 같은 수식이 성립하도록 광로 길이 조절 부재(136)의 경사진 윗면이 밑면과 이루는 각도, 부재를 형성하는 재질의 굴절률, 갈바노 스캐너(134)의 회전 이동의 중심이 되는 축의 위치 또는 부재의 곡률 등을 조절함으로써 원하는 모듈레이션을 수행할 수 있다.

수학식 5

[0050] $$d_{(i+2)} - d_{(i+1)} = d_{(i+1)} - d_i$$

[0051] 종래에는 풀 레인지 광 간섭 단층 촬영 장치를 구현함에 있어서 진행 방향이 인접한 두 측정광 사이의 광로 길이의 차(Δx)를 일정하게 만들기 위해 본 발명의 실시예의 광로 길이 조절 부재(136)와 같은 구성을 포함하지

않고 갈바노 스캐너(134)의 회전 축을 이동, 즉 갈바노 스캐너(134)를 피벗-오프(pivot-offf)시키는 방법을 사용하였다. 따라서, 갈바노 스캐너(134)를 피벗-오프 시킬 수 있을 만 한 공간을 확보해야 하므로 제품의 소형화에 한계가 있다는 문제점이 있었다. 구체적으로 전체 폭의 길이가 3㎜이고, 미러의 직경이 1.5㎜인 MEMS 스캐너를 갈바노 스캐너로서 사용하는 경우 피벗-오프를 위해서는 500um 내지 700um의 추가 공간이 필요하므로 직경이 2.8㎜ 내지 3.0㎜가 표준으로 정해진 내시경의 워킹 채널에 광 프로브가 삽입될 수 없는 등의 문제점이 있어 향후 기술의 적용 범위의 확대 및 응용에 있어서 문제점을 안고 있었다. 하지만, 본 발명의 실시예에 따를 경우 갈바노 스캐너(134)를 피벗-오프 시키지 않고 광로 길이 조절 부재(136)를 포함하는 방식으로 모듈레이션을 수행함으로써 광 프로브의 크기를 증가시키지 않고 풀 레인지를 구현하는 것이 가능한 장점이 있다.

[0052] 이하에서는 상기 설명한 역할을 수행하기 위한 광로 길이 조절 부재(136) 및 이를 포함하는 광 프로브의 다양한 실시예들을 도면을 참조하여 설명한다.

[0053] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 광로 길이 조절 부재(136)를 포함하는 광 프로브의 내부 구성을 도시한 도면이다. 보다 구체적으로 도 3a 내지 도 3c는 광로 길이 조절 부재(136)가 구비되는 위치, 방향 등을 서로 달리한 실시예들을 도시한다. 도 3a를 참조하면, 도 1 및 도 2에 도시된 실시예와는 달리 광로 길이 조절 부재(136)가 렌즈(138)의 아래쪽에 배치됨을 알 수 있으며, 도 3b를 참조하면, 광로 길이 조절 부재(136)가 배치되는 위치는 도 1 및 도 2에 도시된 실시예와 동일하지만 광로 길이 조절 부재(136)의 좌우가 뒤바뀌어 있음을 알 수 있다. 또한, 도 3c를 참조하면, 광로 길이 조절 부재(136)가 배치되는 위치는 도 1 및 도 2에 도시된 실시예와 동일하지만 광로 길이 조절 부재(136)의 상하가 뒤바뀌어 있음을 알 수 있다. 이와 같이 광로 길이 조절 부재(136)가 광 프로브 내에 배치되는 위치 및 방향을 필요에 따라 다양하게 변경할 수 있으며, 이때 광로 길이 조절 부재(136)의 경사진 윗면이 밑면과 이루는 각도, 부재를 형성하는 재질의 굴절률, 갈바노 스캐너(134)의 회전 이동의 중심이 되는 축의 위치 또는 부재의 곡률 등을 조절함으로써 원하는 모듈레이션을 수행할 수 있다.

[0054] 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 광로 길이 조절 부재(136)의 단면을 도시한 도면이다. 보다 구체적으로 도 4a 내지 도 4c는 서로 다른 굴절률을 가지는 두 재질을 이용하여 형성된 광로 길이 조절 부재(136)의 실시예들을 도시한다. 도 4a 내지 도 4c에서 136a와 136b는 상이한 굴절률을 가지는 서로 다른 재질을 의미한다. 도 4a를 참조하면, 136a의 재질과 136b의 재질이 이루는 경계선이 광로 길이 조절 부재(136)의 윗면으로부터 움푹 들어간 곡선의 형태를 취하고 있으며, 도 4b 및 도 4c를 참조하면 136a의 재질과 136b의 재질이 이루는 경계선이 광로 길이 조절 부재(136)의 윗면 및 밑면에 각각 평행하도록 형성된다. 이와 같이 광로 길이 조절 부재(136)를 형성하는 재질을 필요에 따라 다양하게 변경할 수 있으며, 이때 광로 길이 조절 부재(136)의 경사진 윗면이 밑면과 이루는 각도, 부재를 형성하는 재질의 굴절률, 갈바노 스캐너(134)의 회전 이동의 중심이 되는 축의 위치 또는 부재의 곡률 등을 조절함으로써 원하는 모듈레이션을 수행할 수 있다. 또한, 도 4a 내지 도 4c에서는 굴절률이 서로 다른 두 가지의 재질을 사용하여 광로 길이 조절 부재(136)를 형성하는 실시예들을 도시하였으나, 세 가지 이상의 재질을 사용하여 광로 길이 조절 부재(136)를 형성하는 것도 가능하다.

[0055] 도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 광로 길이 조절 부재(136)의 단면의 형상을 도시한 도면이다. 지금까지는 도 1 내지 도 4c에서 광로 길이 조절 부재(136)의 단면의 형상이 웨지(wedge) 형태인 실시예들에 대하여 살펴보았다. 하지만, 도 5a 내지 도 5e에서 볼 수 있는 바와 같이 광로 길이 조절 부재(136)의 단면을 웨지 형태가 아닌 다양한 형태로 변경하는 것이 가능하다. 도 5a를 참조하면, 광로 길이 조절 부재(136)의 윗면 및 밑면의 단면이 메니스커스(meniscus) 형태이며, 도 5b를 참조하면 광로 길이 조절 부재(136)의 윗면에 돌기(136c)가 형성된 것을 확인할 수 있다. 도 5c를 참조하면, 광로 길이 조절 부재(136)의 단면은 직사각형의 형상을 취하고 있으며 상이한 굴절률을 가지는 서로 다른 두 가지의 재질을 이용해 두 개의 층(136a 및 136b)이 형성되었음을 알 수 있다. 도 5d는 광로 길이 조절 부재(136)의 단면이 직사각형의 형상을 하고, 굴절률이 점진적으로 변화하는 실시예를 도시한 것이다. 도 5d에서 광로 길이 조절 부재(136)에 표현된 명암은 굴절률에 대응되는데 도 5d를 참조하면 명암의 변화가 점진적으로 일어나므로 굴절률이 점진적으로 변화함을 알 수 있다. 마지막으로 도 5e는 광로 길이 조절 부재(136)의 단면이 계단형의 형상을 취하는 실시예를 도시한 것이다.이때, 도면에 도시하지는 아니하였으나 도 5a와는 달리 광로 길이 조절 부재(136)의 어느 한 면만이 메니스커스 형태가 되도록 하는 것도 가능하다. 이와 같이 광로 길이 조절 부재(136)의 단면의 형상을 다양하게 변경시킴으로써 광로 길이 조절 부재(136)를 포함하는 광 프로브를 이용하여 모듈레이션 수행시 발생할 수 있는 비선형적(non-linear)인 특성들을 보정할 수 있으며, 광로 길이 조절 부재(136)의 경사진 윗면이 밑면과 이루는 각도, 부재를 형성하는 재질의 굴절률, 갈바노 스캐너(134)의 회전 이동의 중심이 되는 축의 위치 또는 부재의 곡률 등을 조절함으로써 원하는 모듈레이션을 수행할 수 있다.

[0056] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 피에조 액추에이터를 사용하는 광 프로브의 내부 구성을 도시한 도면이다. 도 6에 도시된 광 프로브는 갈바노 스캐너가 아닌 피에조 액추에이터(Piezo Actuator)(135)를 이용하여 광의 진행 방향을 조절한다. 자세하게는 피에조 액추에이터(135)의 상부 및 하부에 구비된 압전 소자(piezo-electric element)(135a)에 전기 신호를 인가하면 압전 소자는 위 또는 아래로 구부러지게 되며, 피에조 액추에이터(135)의 지지층(135b)도 압전 소자(135a)가 변형됨에 따라서 위 또는 아래로 구부러지게 된다. 지지층(135b)에는 광 섬유(optical fiber)(135c)가 포함되어 있으며, 광 섬유(135c)도 지지층(135b)을 따라 위 또는 아래로 구부러지므로 광 섬유(135c)에서 출력되는 광의 진행 방향 또한 위 또는 아래로 조절된다. 이러한 형태의 광 프로브에서는 갈바노 스캐너를 사용하지 않으므로 피벗-오프를 통한 모듈레이션 자체가 불가능하다. 하지만, 도 6에 도시된 바와 같이 광로 길이 조절 부재(136)를 광의 진행 경로상에 위치하도록 구비함으로써 상기 살펴본 바와 같은 모듈레이션을 수행할 수 있다. 또한 이때, 광로 길이 조절 부재(136)는 상기 도 4a 내지 도 5e에서와 같이 다양한 형태로 구현될 수 있다. 즉, 광로 길이 조절 부재(136)를 사용함으로써 갈바노 스캐너의 피벗-오프 자체가 불가능한 형태의 광 프로브를 이용해서도 풀 레인지를 구현할 수 있다.

[0057] 한편, 위상 변조를 위한 광 경로 길이의 조절은 광의 직경의 크기를 조절함으로써 구현할 수도 있는데 이하에서 자세한 내용을 설명한다.

[0058] 도 7a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광이 진행하는 경로를 도시한 도면이고, 도 7b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 응답광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다.

[0059] 우선 도 7a를 참조하면, 측정광은 갈바노 스캐너(134)에서 반사됨으로써 진행 방향이 조절되어 대상체(10)에 조사되는데, 이때 광로 길이 조절 부재(136)는 측정광의 진행 경로상에 위치하지 않는다. 따라서, 측정광은 광로 길이 조절 부재(136)의 영향을 받지 않고 대상체(10)에 조사될 수 있다. 또한, 도 7b를 참조하면, 측정광이 대상체(10)에서 반사되어 나온 반사광 역시 광로 길이 조절 부재(136)의 영향을 받지 않고 갈바노 스캐너(134)에서 반사되어 광 프로브의 외부로 진행한다.

[0060] 도 8a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광이 진행하는 경로를 도시한 도면이고, 도 8b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 응답광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다.

[0061] 도 8a에서는 갈바노 스캐너(134)가 중심(134a)을 기준으로 회전하여 도 7a에 비하여 측정광의 진행 방향이 우측으로 다소 변경되었음을 알 수 있다. 도 8a를 참조하면, 측정광은 갈바노 스캐너(134)에서 반사됨으로써 진행 방향이 조절되어 대상체(10)에 조사되는데, 이때 광로 길이 조절 부재(136)가 측정광의 진행 경로상에 위치한다. 따라서, 측정광의 일부는 광로 길이 조절 부재(136)에 의해 굴절되어 진행 경로를 벗어나고 나머지만이 진행 경로를 따라 대상체(10)에 조사됨을 알 수 있다. 즉, 대상체(10)에 도달하는 측정광의 직경이 도 7a에 비하여 감소한다. 이때, 광로 길이 조절 부재(136)로는 일정한 굴절률을 가지는 하나의 재질 또는 서로 다른 굴절률을 가지는 둘 이상의 재질을 이용하여 다양한 형상으로 제작된 부재일 수도 있고, 또는 광을 차단하는 재질로 제작된 부재일 수도 있다. 도 8b를 참조하면, 측정광이 대상체(10)에서 반사되어 나온 반사광이 갈바노 스캐너(134)에서 반사되어 광 프로브의 외부로 진행한다. 이때, 도 8b에 도시된 반사광 역시 광로 길이 조절 부재(136)로 인하여 도 7b에 비해 직경이 감소하였다.

[0062] 이와 같이 광로 길이 조절 부재(136)로 인하여 측정광 및 반사광의 직경에 변화가 생겼는데 이는 실질적으로 광로 길이가 변화하는 효과를 가져온다. 광의 직경 변화가 실질적인 광로 길이의 변화를 초래하는 이유에 대하여 도 7b 및 도 8b를 참조하여 자세히 설명한다. 도 7b에 도시된 반사광이 갈바노 스캐너(134)와 접촉하는 직경의 중심점(701)과 도 8b에 도시된 반사광이 갈바노 스캐너(134)와 접촉하는 직경의 중심점(801)을 비교하면 위치가 상이함을 알 수 있다. 즉, 반사광의 직경이 변화함에 따라 반사광이 갈바노 스캐너(134)와 접촉하는 직경의 중심점의 위치도 변화한다. 그런데 광이 이동하는 실질적인 거리는 광의 직경의 중심이 이동하는 거리라고 볼 수 있으므로 도 7b와 도 8b에서 반사광의 광로 길이는 서로 다르게 된다. 결론적으로, 광로 길이 조절 부재(136)를 이용하여 측정광 및 반사광의 직경의 크기를 조절하면 측정광 및 반사광이 진행하는 광로 길이 역시 조절된다.

[0063] 이제 광의 직경 조절을 통해 페이즈 모듈레이션(phase modulation)을 수행하는 구체적인 방법에 대하여 설명한다. 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 프로브의 내부에서 측정광이 진행하는 경로를 도시한 도면이다. 도 9를 참조하면, 제1 방향의 측정광은 직경이 r_1이고, 제2 방향의 측정광은 직경이 r_2이고, 제N 방향의 측정광은 직경이 r_N임을 알 수 있다. 이와 같은 직경의 변화는 상기 도 7a 내지 도 8b를 참조하여 설명한 바와 같이 광로 길이 조절 부재(136)에 의해 일어난다. 측정광이 제i 방향(i=1, 2, ..., N)으로 조절되었을 때의 직경의 크기를 r_i라고 한다면 진행 방향이 인접한 두 측정광, 즉 제 i+1 방향의 측정광과 제i 방향의 측정광 사

이의 직경의 차이는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0064] $$\Delta r = r_{i+1} - r_i$$

[0065] 상기 수학식 6의 Δr 을 $\frac{1}{f_B}$ 라고 하면 상기 수학식 3 및 수학식 4에 따라 페이즈 모듈레이션을 수행할 수 있다. 자세한 내용은 상기 수학식 3 및 수학식 4에 대한 설명 부분을 참고한다.

[0066] 한편, 렌즈의 형상을 변형하여 렌즈와 광로 길이 조절 부재의 역할을 동시에 수행하는 렌즈를 이용하도록 실시예를 구현할 수 있는데 이에 대해서는 도 10a 및 도 10b를 참조하여 아래에서 자세히 설명한다.

[0067] 도 10a 및 도 10b는 본발명의 또 다른 실시예들에 따른 광 프로브의 내부 구성을 도시한 도면들이다. 도 10a 및 도 10b를 도 3a 내지 도 3c와 비교하면, 도 3a 내지 도 3c에서는 광로 길이 조절 부재(136)와 렌즈(138)를 각각 별도로 구비하였으나 도 10a 및 10b에서는 별도의 광로 길이 조절 부재(136)를 구비하지 않고 렌즈(138)만을 구비한다. 이때, 도 10a 및 도 10b에 도시된 렌즈(138)는 일측 단면이 경사지게 형성되어 마치 도 3a 내지 도 3c의 렌즈(138)의 상측 또는 하측에 광로 길이 조절 부재(136)를 결합시킨 형상과 유사함을 알 수 있다. 즉, 도 10a 및 도 10b의 렌즈(138)는 도 3a 내지 도 3c의 광로 길이 조절 부재(136) 및 렌즈(138)가 수행하는 역할을 동시에 수행한다. 이와 같이 렌즈의 변형을 통해 광로 길이를 조절하는 효과를 얻음으로써 광 프로브의 구성이 단순해질 수 있다.

[0068] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명에 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 한다.

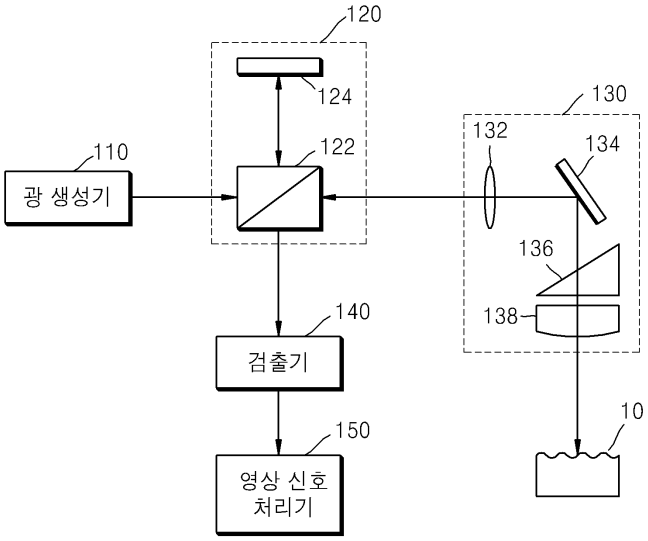
부호의 설명

[0069]

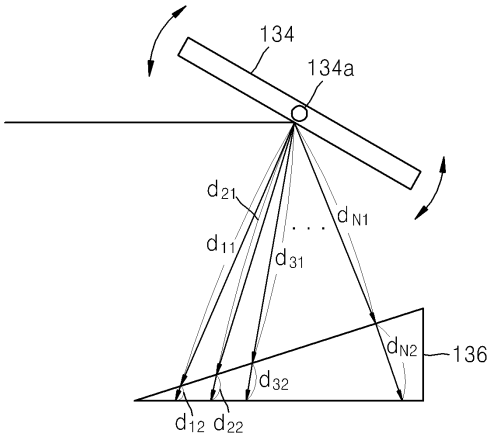
110: 광 생성기	120: 광 결합기
122: 빔 스플리터	124: 기준 미러
130: 광 프로브	132: 콜리메이터 렌즈
134: 갈바노 스캐너	136: 광로 길이 조절 부재
138: 렌즈	140: 검출기
150: 영상 신호 처리기	

도면

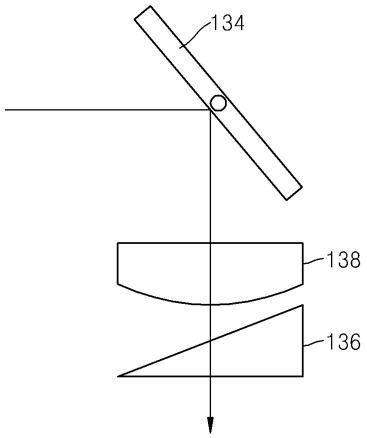
도면1



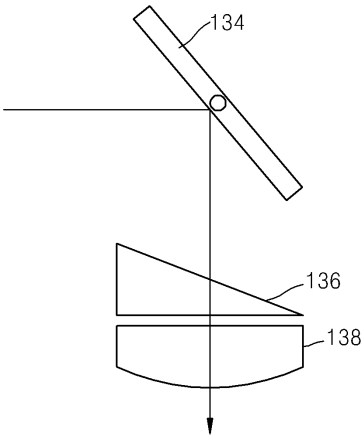
도면2



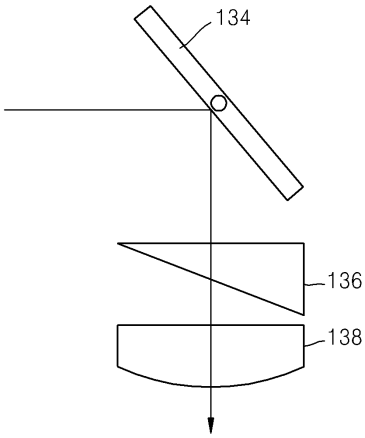
도면3a



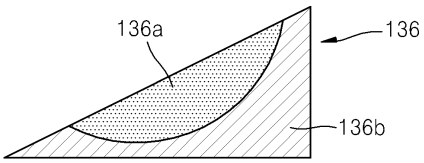
도면3b



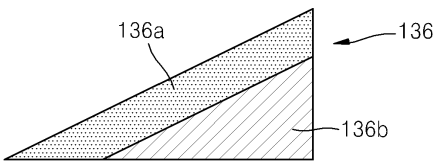
도면3c



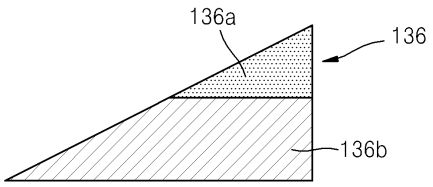
도면4a



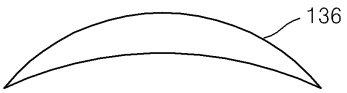
도면4b



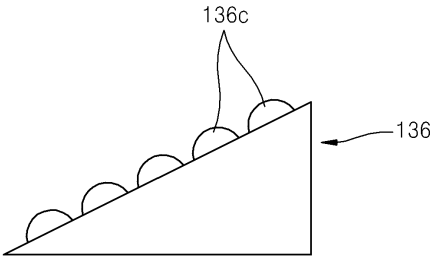
도면4c



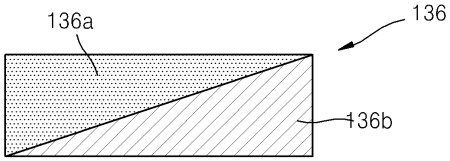
도면5a



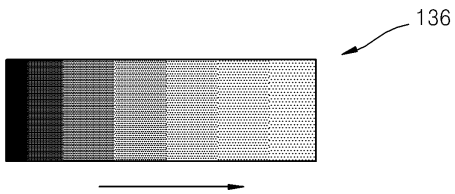
도면5b



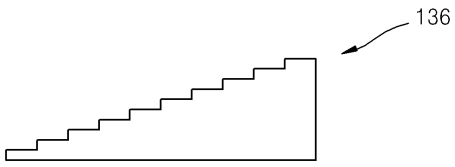
도면5c



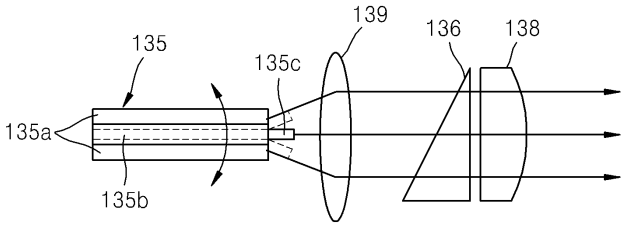
도면5d



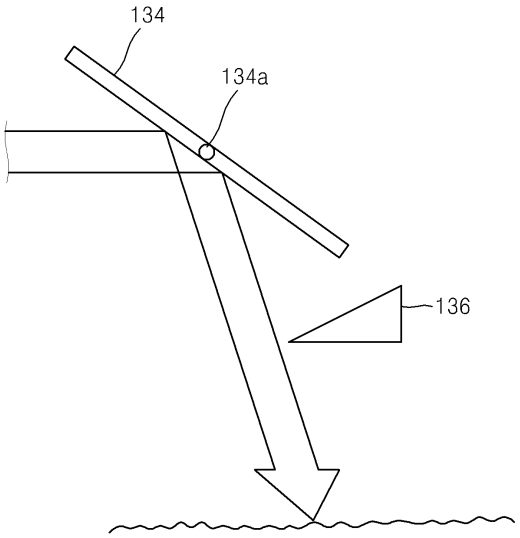
도면5e



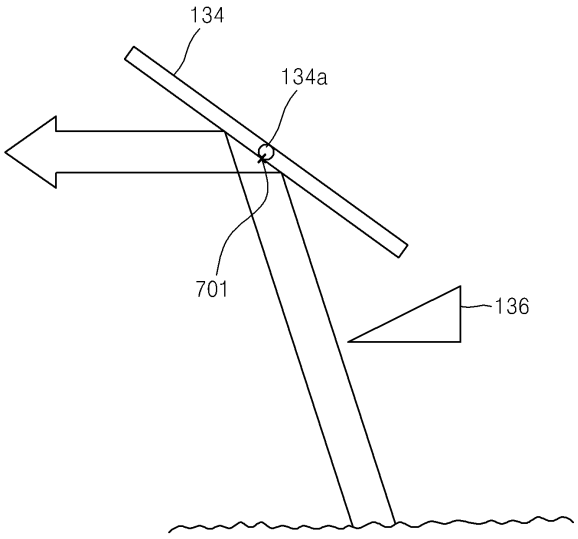
도면6



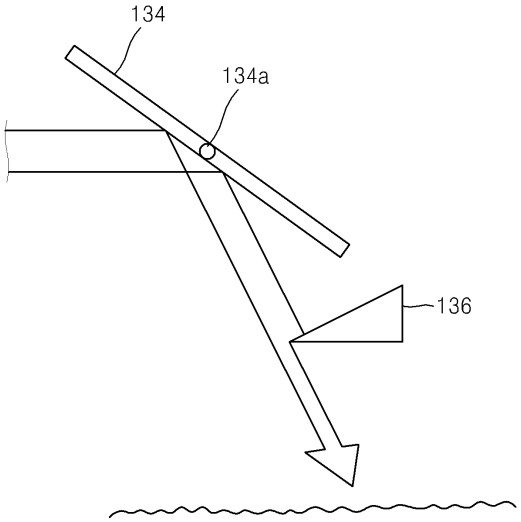
도면7a



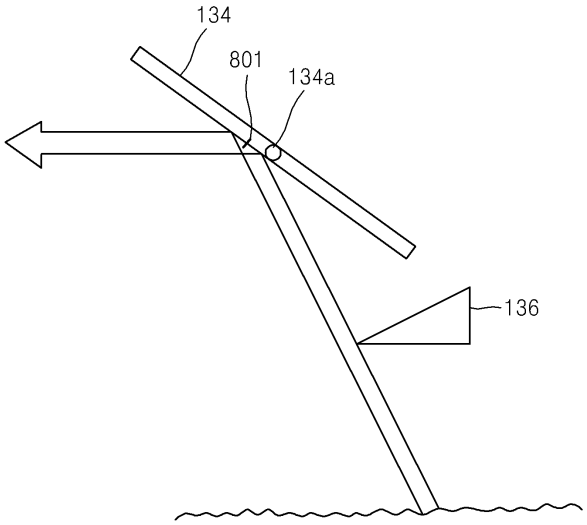
도면7b



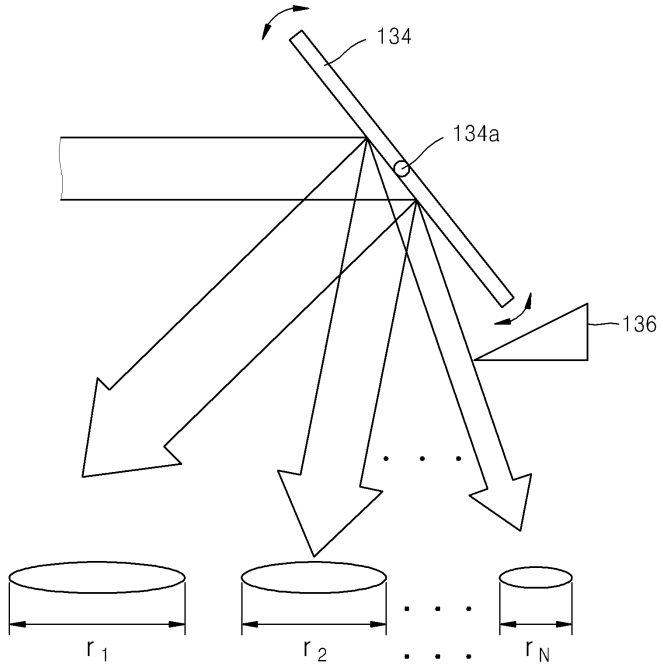
도면8a



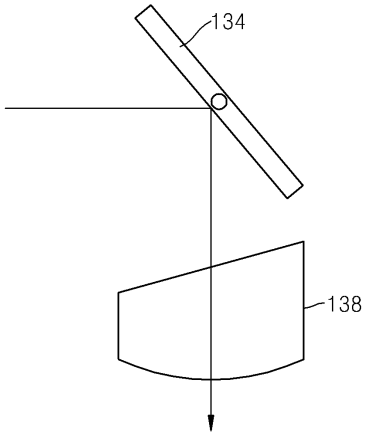
도면8b



도면9



도면10a



도면10b

