



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0028270
(43) 공개일자 2019년03월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 26/10 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 26/101 (2013.01)
A61B 5/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0065619
(22) 출원일자 2018년06월07일
심사청구일자 2018년06월07일
(30) 우선권주장
1020170115055 2017년09월08일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
김범민
서울특별시 은평구 진흥로 267, 105동 1005호
김형진
서울특별시 마포구 와우산로 48
송병주
서울특별시 노원구 노원로22길 34, 103동 802호
(74) 대리인
정은열

전체 청구항 수 : 총 15 항

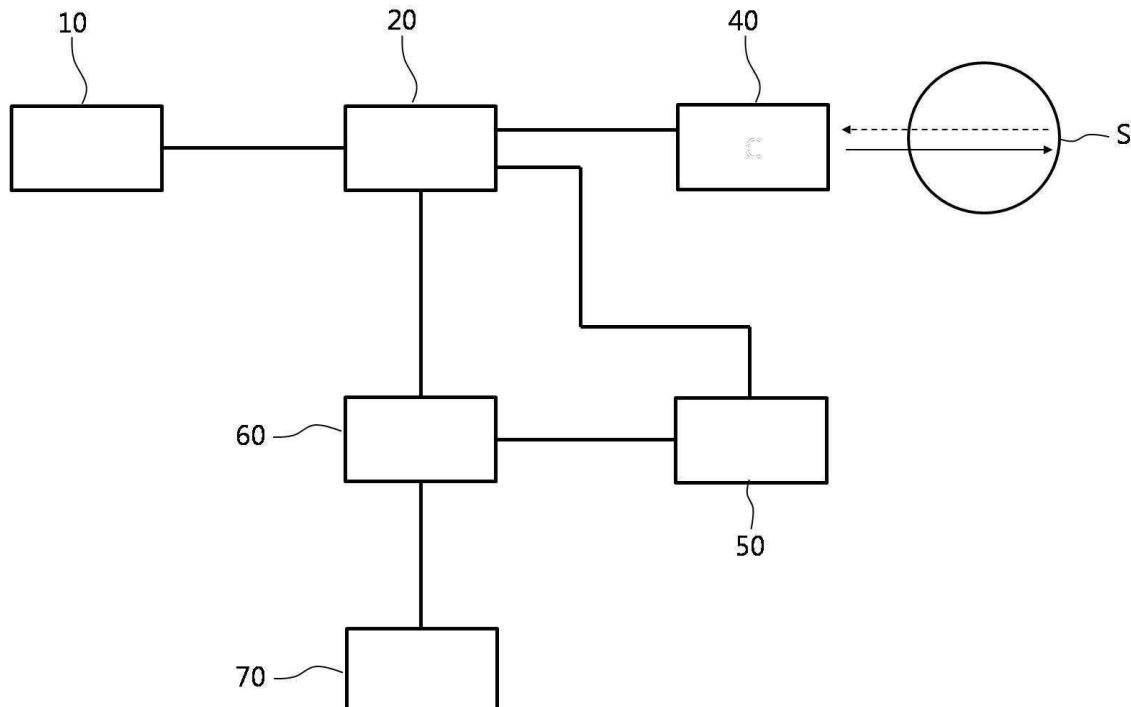
(54) 발명의 명칭 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템

(57) 요약

본 발명은 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 관한 것으로, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은 광 대역의 빛을 생성하는 광원부(10); 광원부(10)로부터 생성된 빛을 분배하는 광 분배부(20); 광분배부(20)에서 분배된 빛 중 일부를 전달받아 서로 다른 경로를 따라 진행하는 수평편광 및 수직

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



편광으로 분리하고, 분리된 수평편광 및 수직편광을 스캐닝 방향이 서로 수직이 되도록 변환하여 동시에 피검체(S)에 출사하고, 피검체(S)로부터 반사된 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 입사받는 샘플단(40), 광분배부(20)에서 분배된 빛 중 다른 일부를 입사받아 분리하여 수평편광 성분 및 수직편광 성분을 포함하는 기준광을 생성하는 기준단(50); 반사 수평편광, 반사 수직편광, 및 기준광을 전달받아, 서로 수직인 XZ 평면 영상 이미지 및 YZ 평면 영상 이미지를 동시에 획득할 수 있는 수평편광 성분의 간섭신호 및 수직편광 성분의 간섭신호를 생성하는 간섭부(60); 및 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 검출부(70)를 포함한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10063364
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	전자시스템산업핵심기술개발
연구과제명	망막질환 진단 및 맞춤식 치료를 위한 Angio OCT 응용 스마트 레이저 시스템 개발
기 여 율	80/100
주관기관	(주)루트로닉
연구기간	2017.01.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	HI13C1501
부처명	보건복지부
연구관리전문기관	한국보건산업진흥원
연구사업명	질환극복기술개발사업
연구과제명	100 kHz 급 초고속 SS-OCT 시스템 개발 및 WL/FL 통합 시스템 개발
기 여 율	20/100
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2016.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

광 대역의 빛을 생성하는 광원부;

상기 광원부로부터 생성된 빛을 분배하는 광분배부;

상기 광분배부로부터 분배된 빛 중 일부를 전달받아 서로 다른 광로를 따라 진행하는 수평편광 및 수직편광으로 분리하고, 분리된 상기 수평편광 및 수직편광을 스캐닝 방향이 서로 수직이 되도록 변환하여 동시에 피검체에 출사하고, 상기 피검체로부터 반사된 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 입사받는 샘플단;

상기 광분배부에서 분배된 빛 중 다른 일부를 전달받아 분리하여 수평편광 성분 및 수직편광 성분을 포함하는 기준광을 생성하는 기준단;

상기 반사 수평편광, 상기 반사 수직편광, 및 상기 기준광을 전달받아, 서로 수직인 XZ 평면 영상 이미지 및 YZ 평면 영상 이미지를 동시에 획득할 수 있는 수평편광 성분의 간섭신호 및 수직편광 성분의 간섭신호를 생성하는 간섭부; 및

상기 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 검출부;

를 포함하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 광분배부로부터 분배된 빛 중 일부를 입사받아 수평편광 및 수직편광으로 분리하여 상기 샘플단으로 출사하는 편광분배부;

를 더 포함하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 편광분배부는

상기 광분배부로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 출사하는 편광분배기;

출사되는 상기 제1 수직편광이 진행하는 제1 광로에 배치되는 제1 반사미러;

상기 편광분배기와 상기 제1 반사미러 사이에 배치되어, 상기 제1 수직편광을 제2 수평편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제1 1/4 파장판;

출사되는 상기 제1 수평편광이 진행하는 제2 광로에 배치되는 제2 반사미러; 및

상기 편광분배기와 상기 제2 반사미러 사이에 배치되어, 상기 제1 수평편광을 제2 수직편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제2 1/4 파장판;

을 포함하여, 상기 편광분배기가, 상기 제2 수평편광 및 상기 제2 수직편광을 상기 샘플단으로 출사하고, 상기 반사 수평편광 및 상기 반사 수직편광을 입사받아 전달하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 편광분배부는

상기 제1 반사미러가 상기 제1 광로를 따라 이동되거나, 또는 상기 제2 반사미러가 상기 제2 광로를 따라 이동되어, 상기 제2 수평편광의 광학 길이와 상기 제2 수직편광의 광학 길이를 서로 다르게 조절하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 기준단은

상기 광분배부로부터 입사받은 빛을 45도 편광으로 편향시켜 상기 기준광을 생성하는 선형 편광기;
를 포함하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광결맞음 영상시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 간섭부는

상기 반사 수평편광, 상기 반사 수직편광, 및 상기 기준광을 간섭시켜 상기 간섭신호를 생성하는 1개의 간섭계;
를 포함하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 광분배부는

상기 광원부로부터 생성된 빛을 제1 분배광 및 제2 분배광으로 분배하는 주 광분배기;

상기 제1 분배광 중 일부를 상기 편광분배부로 진행시키고, 다른 일부를 상기 기준단으로 진행시키는 제1 광분배기; 및

상기 제2 분배광 중 일부를 상기 편광분배부로 진행시키고, 다른 일부를 상기 기준단으로 진행시키는 제2 광분배기;

를 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 편광분배부는

상기 제1 분배광 중 일부를 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 상기 제1 수평편광을 상기 샘플단으로 출사하고, 상기 반사 수평편광을 입사받아 상기 제1 광분배기로 전달하며, 상기 제2 분배광 중 일부를 제2 수평편광 및 제2 수직편광으로 분리하여 상기 제2 수직편광을 상기 샘플단으로 출사하고, 상기 반사 수직편광을 입사받아 상기 제2 광분배기로 전달하는 편광분배기;

를 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 기준단은

상기 제1 분배광 중 다른 일부를 제3 수평편광 및 제3 수직편광으로 분리하여 상기 제3 수평편광을 진행시키고, 상기 제2 분배광 중 다른 일부를 제4 수평편광 및 제4 수직편광으로 분리하여 상기 제4 수직편광을 진행시키는 제1 기준단 편광분배기; 및

상기 제3 수평편광 및 상기 제4 수직편광을 전달받아 분리하여 진행시키는 제2 기준단 편광분배기;

를 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 간섭부는

상기 제1 광분배기로부터 상기 반사 수평편광을 전달받고, 상기 제2 기준단 편광분배기로부터 상기 제3 수평편광을 전달받아, 상기 수평편광 성분의 간섭신호를 생성하는 제1 간섭계; 및

상기 제2 광분배기로부터 상기 반사 수직편광을 전달받고, 상기 제2 기준단 편광분배기로부터 상기 제4 수직편광을 전달받아, 상기 수직편광 성분의 간섭신호를 생성하는 제2 간섭계;

를 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 검출부는

상기 수평편광 성분의 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 제1 밸런스 광검출기; 및

상기 수직편광 성분의 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 제2 밸런스 광검출기;

를 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 기준단은

상기 광분배부로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 출사하는 편광분배기;

출사되는 상기 제1 수직편광이 진행하는 제1 광로에 배치되는 제1 반사미러;

상기 편광분배기와 상기 제1 반사미러 사이에 배치되고, 상기 제1 수직편광을 제2 수평편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제1 1/4 파장판;

출사되는 상기 제1 수평편광이 진행하는 제2 광로에 배치되는 제2 반사미러; 및

상기 편광분배기와 상기 제2 반사미러 사이에 배치되어, 상기 제1 수평편광을 제2 수직편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제2 1/4 파장판;

을 포함하여, 상기 편광분배기가, 상기 제2 수평편광 및 상기 제2 수직편광을 상기 간섭부로 출사하는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 샘플단은

서로 수직인 가상의 XYZ 3차원 공간에 X축 및 Z축 방향으로 배치된 회전축을 중심으로 각각 회전하는 한 쌍의 스캐닝 미러를 포함하고, 전달받은 상기 빛을 Z축 방향으로 조사하는 갈바노미터 스캐너(galvanometer scanner);

상기 갈바노미터 스캐너로부터 조사된 빛을 제5 수평편광 및 제5 수직편광으로 분리하여, 상기 제5 수평편광을 Z축 방향으로 출사하고, 상기 제5 수직편광을 X축 방향으로 출사하는 제1 샘플단 편광분배기;

출사된 상기 제5 수평편광을 Y축 방향으로 반사하는 제1-1 미러, 상기 제1-1 미러에서 반사된 상기 제5 수평편광을 Z축 방향으로 반사하는 제1-2 미러, 및 상기 제1-2 미러에서 반사된 상기 제5 수평편광을 X축 방향으로 반사하는 제1-3 미러를 포함하는 제1 미러부;

상기 제1-3 미러에서 반사된 상기 제5 수평편광을 입사받아 제6 수직편광으로 변환하여 출사하는 1/2 파장판;

출사된 상기 제5 수직편광을 Y축 방향으로 반사하는 제2-1 미러, 및 상기 제2-1 미러에서 반사된 상기 제5 수직편광을 Z축 방향으로 반사하는 제2-2 미러를 포함하여, 상기 제5 수직편광을 제6 수평편광을 변환하는 제2 미러부;

상기 제6 수평편광 및 상기 제6 수직편광을 입사받아 동시에 Z축 방향으로 출사하는 제2 샘플단 편광분배기;

를 포함하여, 스캔 방향이 Y축 방향인 상기 제6 수평편광, 및 스캔 방향이 X축 방향인 상기 제6 수직편광을 상기 피검체로 조사하는 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 샘플단은

한 쌍의 렌즈를 포함하고, 한 쌍의 상기 스캐닝 미러 사이의 광로, 상기 제2 샘플단 편광분배기를 통과하는 광로, 및 상기 제1 샘플단 편광분배기와 상기 1/2 파장판 사이의 광로 중 적어도 어느 하나 이상의 광로에 배치되는 4f 시스템;

을 더 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

청구항 15

청구항 1에 있어서,

스캐닝 동안 획득된 상기 영상 이미지 사이의 상관관계(correlation)를 측정하여, 상기 피검체의 움직임을 감지하고, 상기 영상 이미지를 보정하는 영상보정부;

를 더 포함하는 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 서로 수직인 스캐닝 방향을 통해 동시에 두가지 영상을 얻을 수 있는 광 결맞음 영상시스템에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 최근 들어 광학의료기기산업 분야에서 광 결맞음 영상시스템(Optical Coherence Tomography, OCT)이 각광받고 있다. 광 결맞음 영상시스템은 높은 분해능을 가지는 영상 진단 기기로서, 광의 간섭현상과 공초점 현미경 원리를 조합하여 생체조직 내부의 미세 구조를 영상화한다. 비침습적으로 고해상도의 생체조직 단면 영상을 얻을 수 있기 때문에, 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 바와 같이, 피부과, 안과, 내과, 치과 등에서 임상 또는 치료 목적으로 광 결맞음 영상시스템을 사용하고 있다. 특히, 안과에서 혈관조영술(angiography)에 광 결맞음 영상시스템이 주로 사용된다. 망막질환의 경우에 혈관의 분포나 형성 모습 등을 통해 질병을 진단하고 진행 정도를 분석할 수 있는데, 광 결맞음 영상시스템에 의해 같은 지역을 스캐닝(scanning)하게 되면, 망막의 층 구조나 단단한 조직들은 비상관화 정도가 작지만, 혈관의 경우에는 내부에 흐르는 유체와 혈구 같은 산란체들 때문에 같은 지역 스캐닝 영상 간의 비상관화 정도가 커서 혈관 영상을 얻을 수 있다.
- [0004] 이러한 광 결맞음 영상시스템을 통한 혈관조영술은 같은 지역의 망막 영상 간의 비상관화 정도를 이용하기 때문에 안구의 움직임에 매우 민감한 양상을 보인다. 안구의 움직임은 환자의 심장박동, 호흡, 초점이동 등 여러 가지에 기인하는데, 이러한 원인들로 인해, 도 1과 같이 영상이 흐트러지거나(도 1a 참조), 혈관 영상에 잡음이 나타난다(도 1b 참조).
- [0005] 종래 광 결맞음 영상시스템은 점으로 포커싱(focusing)하여 스캐닝함으로써 2D 영상(XZ 평면 이미지)을 얻게 되는데, 이때의 스캐닝 방향(X축 방향)을 빠른 축(fast axis)이라고 하고, 이에 직각인 방향(Y축 방향), 즉 3D 영상을 얻을 때 한 점씩 내려서 2D 영상을 쌓아가는 방향을 느린 축(slow axis)이라 한다. 빠른 축과 느린 축은 각 스캐닝 간의 시간 차이가 빠르고 느린 것을 표현한 것인데, 영상 간의 비상관화 정도를 영상화하는 혈관 영상에서 이 시간 차이 때문에 안구의 움직임에 의한 영향이 느린 축에서 주로 나타나게 된다.
- [0006] 이에 안구의 움직임에 따른 영향을 보상하기 위한 방안으로서, 느린 축 방향으로 추가적인 스캐닝을 실시하거나, 또는 여러 개의 3D 영상을 얻어서 최적화하는 방법 등을 사용하고 있다. 그러나 위의 방법들은 스캐닝이 추가적으로 이루어지거나 같은 지역을 반복해서 스캐닝해야 하므로, 혈관 영상 획득 속도가 느려지는 문제가 있다.
- [0007] 따라서, 종래 광 결맞음 영상시스템의 문제점을 해결하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) KR 2017-0039784 A

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 서로 수직인 수평편광과 수직편광을 동시에 피검체에 조사하여 한 번의 스캐닝으로 수직 방향의 서로 다른 영상을 얻을 수 있는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템을 제공하고자 하는 것이다.
- [0011] 또한, 피검체에 광을 출사하고 반사광을 입사받는 샘플단에 4f 시스템을 적용하여 초점거리에 제약을 받지 않고 스캐닝 범위가 감쇄되는 것을 방지할 수 있는 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템을 제공하는 데 있다.
- [0012] 나아가 스캐닝 도중 피검체의 움직임을 인지하여 이미지 영상을 보정할 수 있는 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템을 제공하고자 하는 하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은 광 대역의 빛을 생성하는 광원부; 상기 광원부로부터 생성된 빛을 분배하는 광분배부; 상기 광분배부로부터 분배된 빛 중 일부를 전달받아 서로 다른 광로를 따라 진행하는 수평편광 및 수직편광으로 분리하고, 분리된 상기 수평편광 및 수직편광을 스캐닝 방향이 서로 수직이 되도록 변환하여 동시에 피검체에 출사하고, 상기 피검체로부터 반사된 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 입사받는 샘플단; 상기 광분배부에서 분배된 빛 중 다른 일부를 전달받아 분리하여 수평편광 성분 및 수직편광 성분을 포함하는 기준광을 생성하는 기준단; 상기 반사 수평편광, 상기 반사 수직편광, 및 상기 기준광을 전달받아, 서로 수직인 XZ 평면 영상 이미지 및 YZ 평면 영상 이미지를 동시에 획득할 수 있는 수평편광 성분의 간섭신호 및 수직편광 성분의 간섭신호를 생성하는 간섭부; 및 상기 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 검출부;를 포함한다.
- [0015] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 광분배부로부터 분배된 빛 중 일부를 입사받아 수평편광 및 수직편광으로 분리하여 상기 샘플단으로 출사하는 편광분배부;를 더 포함한다.
- [0016] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 편광분배부는 상기 광분배부로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 출사하는 편광분배기; 출사되는 상기 제1 수직편광이 진행하는 제1 광로에 배치되는 제1 반사미러; 상기 편광분배기와 상기 제1 반사미러 사이에 배치되어, 상기 제1 수직편광을 제2 수평편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제1 1/4 파장판; 출사되는 상기 제1 수평편광이 진행하는 제2 광로에 배치되는 제2 반사미러; 및 상기 편광분배기와 상기 제2 반사미러 사이에 배치되어, 상기 제1 수평편광을 제2 수직편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제2 1/4 파장판;을 포함하여, 상기 편광분배기가, 상기 제2 수평편광 및 상기 제2 수직편광을 상기 샘플단으로 출사하고, 상기 반사 수평편광 및 상기 반사 수직편광을 입사받아 전달한다.
- [0017] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 편광분배부는 상기 제1 반사미러가 상기 제1 광로를 따라 이동되거나, 또는 상기 제2 반사미러가 상기 제2 광로를 따라 이동되어, 상기 제2 수평편광의 광학 길이와 상기 제2 수직편광의 광학 길이를 서로 다르게 조절한다.
- [0018] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 기준단은 상기 광분배부로부터 입사받은 빛을 45도 편광으로 편향시켜 상기 기준광을 생성하는 선형 편광기;를 포함한다.
- [0019] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 간섭부는 상기 반사 수평편광, 상기 반사 수직편광, 및 상기 기준광을 간섭시켜 상기 간섭신호를 생성하는 1개의 간섭계;를 포함한다.
- [0020] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 광분배부는 상기 광원부로부터 생성된 빛을 제1 분배광 및 제2 분배광으로 분배하는 주 광분배기; 상기 제1 분배광 중 일부를 상기 편광분배부로 진행시키고, 다른 일부를 상기 기준단으로 진행시키는 제1 광분배기; 및 상기 제2 분배광 중 일부를 상기 편광분배부로 진행시키고, 다른 일부를 상기 기준단으로 진행시키는 제2 광분배기;를 포함한다.
- [0021] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 편광분배부는 상기 제1 분배광 중 일부를 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 상기 제1 수평편광을 상기 샘플단으로 출사하고, 상기 반사 수평편광을 입사받아 상기 제1 광분배기로 전달하며, 상기 제2 분배광 중 일부를 제2 수평편광 및 제2 수직편광으로 분리하여 상기 제2 수직편광을 상기 샘플단으로 출사하고, 상기 반사 수직편광을 입사받아 상기 제2 광분배기로 전달하는 편광분배기;를 포함한다.
- [0022] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 기준단은 상기 제1 분배광 중 다른 일부를 제3 수평편광 및 제3 수직편광으로 분리하여 상기 제3 수평편광을 진행시키고, 상기 제2 분배광 중 다른 일부를 제4 수평편광 및 제4 수직편광으로 분리하여 상기 제4 수직편광을 진행시키는 제1 기준단 편광분배기; 및 상기 제3 수평편광 및 상기 제4 수직편광을 전달받아 분리하여 진행시키는 제2 기준단 편광분배기;를 포함한다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 간섭부는 상기 제1 광분배기로부터 상기 반사 수평편광을 전달받고, 상기 제2 기준단 편광분배기로부터 상기 제3 수평편광을 전달받아, 상기 수평편광 성분의 간섭신호를 생성하는 제1 간섭계; 및 상기 제2 광분배기로부터 상기 반사 수직편광을 전달받고, 상기 제2 기준단 편광분배기로부터 상기 제4 수직편광을 전달받아, 상기 수직편광 성분의 간섭신호를 생성하는 제2 간섭계;를 포함한다.

- [0024] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 검출부는 상기 수평편광 성분의 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 제1 밸런스 광검출기; 및 상기 수직편광 성분의 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 제2 밸런스 광검출기;를 포함한다.
- [0025] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 기준단은 상기 광분배부로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 출사하는 편광분배기; 출사되는 상기 제1 수직편광이 진행하는 제1 광로에 배치되는 제1 반사미러; 상기 편광분배기와 상기 제1 반사미러 사이에 배치되고, 상기 제1 수직편광을 제2 수평편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제1 1/4 파장판; 출사되는 상기 제1 수평편광이 진행하는 제2 광로에 배치되는 제2 반사미러; 및 상기 편광분배기와 상기 제2 반사미러 사이에 배치되어, 상기 제1 수평편광을 제2 수직편광으로 변환시켜 상기 편광분배기로 출사하는 제2 1/4 파장판;을 포함하여, 상기 편광분배기, 상기 제2 수평편광 및 상기 제2 수직편광을 상기 간섭부로 출사한다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 샘플단은 서로 수직인 가상의 XYZ 3차원 공간에 X축 및 Z축 방향으로 배치된 회전축을 중심으로 각각 회전하는 한 쌍의 스캐닝 미러를 포함하고, 전달받은 상기 빛을 Z축 방향으로 조사하는 갈바노미터 스캐너(galvanometer scanner); 상기 갈바노미터 스캐너로부터 조사된 빛을 제5 수평편광 및 제5 수직편광으로 분리하여, 상기 제5 수평편광을 Z축 방향으로 출사하고, 상기 제5 수직편광을 X축 방향으로 출사하는 제1 샘플단 편광분배기; 출사된 상기 제5 수평편광을 Y축 방향으로 반사하는 제1-1 미러, 상기 제1-1 미러에서 반사된 상기 제5 수평편광을 Z축 방향으로 반사하는 제1-2 미러, 및 상기 제1-2 미러에서 반사된 상기 제5 수평편광을 X축 방향으로 반사하는 제1-3 미러를 포함하는 제1 미러부; 상기 제1-3 미러에서 반사된 상기 제5 수평편광을 입사받아 제6 수직편광으로 변환하여 출사하는 1/2 파장판; 출사된 상기 제5 수직편광을 Y축 방향으로 반사하는 제2-1 미러, 및 상기 제2-1 미러에서 반사된 상기 제5 수직편광을 Z축 방향으로 반사하는 제2-2 미러를 포함하여, 상기 제5 수직편광을 제6 수평편광을 변환하는 제2 미러부; 상기 제6 수평편광 및 상기 제6 수직편광을 입사받아 동시에 Z축 방향으로 출사하는 제2 샘플단 편광분배기;를 포함하여, 스캔 방향이 Y축 방향인 상기 제6 수평편광, 및 스캔 방향이 X축 방향인 상기 제6 수직편광을 상기 피검체로 조사한다.
- [0027] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 상기 샘플단은 한 쌍의 렌즈를 포함하고, 한 쌍의 상기 스캐닝 미러 사이의 광로, 상기 제2 샘플단 편광분배기를 통과하는 광로, 및 상기 제1 샘플단 편광분배기와 상기 1/2 파장판 사이의 광로 중 적어도 어느 하나 이상의 광로에 배치되는 4f 시스템;을 더 포함한다.
- [0028] 또한, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 있어서, 스캐닝 동안 획득된 상기 영상 이미지 사이의 상관관계(correlation)를 측정하여, 상기 피검체의 움직임을 감지하고, 상기 영상 이미지를 보정하는 영상보정부;를 더 포함한다.

[0030] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0032] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

- [0034] 본 발명에 따르면, 한 번의 스캐닝으로 수직 방향의 서로 다른 영상을 얻을 수 있으므로, 보다 빠른 속도로 잡음이 제거된 피검체의 3D 영상을 획득할 수 있다.
- [0035] 또한, 샘플단에 4f 시스템이 적용되어, 실제 많은 광학부품들이 배치됨에도 불구하고, 렌즈의 초점거리에 제약을 받지 않고, 스캐닝 범위가 감쇄되는 것을 방지할 수 있다.
- [0036] 나아가 스캐닝 도중 피검체의 움직임을 인지하여 이를 보상함으로써 정미한 3D 영상을 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1a 및 도 1b는 종래 광 결맞음 영상시스템에 의한 영상 이미지이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 제1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 제1-1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 제2 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- 도 5는 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- 도 6은 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- 도 7 및 도 8은 도 2 내지 도 6에 도시된 샘플단의 구성도이다.
- 도 9는 본 발명의 제3 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- 도 10은 도 9에 도시된 영상보정부가 안구의 움직임을 추적하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0041] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0043] 도 2는 본 발명에 따른 제1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- [0044] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은 광 대역의 빛을 생성하는 광원부(10); 광원부(10)로부터 생성된 빛을 분배하는 광분배부(20); 광분배부(20)에서 분배된 빛 중 일부를 전달받아 서로 다른 경로를 따라 진행하는 수평편광 및 수직편광으로 분리하고, 분리된 수평편광 및 수직편광을 스캐닝 방향이 서로 수직이 되도록 변환하여 동시에 피검체(S)에 출사하고, 피검체(S)로부터 반사된 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 입사받는 샘플단(40), 광분배부(20)에서 분배된 빛 중 다른 일부를 입사받아 분리하여 수평편광 성분 및 수직편광 성분을 포함하는 기준광을 생성하는 기준단(50); 반사 수평편광, 반사 수직편광, 및 기준광을 전달받아, 서로 수직인 XZ 평면 영상 이미지 및 YZ 평면 영상 이미지를 동시에 획득할 수 있는 수평편광 성분의 간섭신호 및 수직편광 성분의 간섭신호를 생성하는 간섭부(60); 및 간섭신호를 전기적 신호로 변환하는 검출부(70)를 포함한다.
- [0046] 본 발명은 광 결맞음 영상시스템(Optical Coherence Tomography, OCT)에 관한 것으로, 특히 안과에서 혈관조영술(angiography)을 통해 혈관 영상을 취득하는 종래 광 결맞음 영상시스템에 의할 때에, 안구 움직임에 따른 영향으로 영상이 흐트러지거나 잡음이 발생하고, 그 영향을 보상하기 위해서 추가적인 스캐닝을 실시함으로써 영상 취득에 상당한 시간이 소요되는 문제점을 해결하기 위해 안출되었다.
- [0047] 종래 광 결맞음 영상시스템은 점으로 포커싱(focusing)하여 X축 방향을 따라 스캐닝하여 2차원 영상(2D XZ 평면 영상 이미지)을 얻고, 한 점씩 Y축 방향으로 이동하여 다시 X축 방향으로 스캐닝하여 또 다른 2차원 영상(2D YZ 평면 영상 이미지)을 얻은 후 이들 이미지를 쌓는다. 이때, 스캐닝 방향(X축 방향)을 빠른 축(fast axis)이라고 하고, 이에 직각인 방향(Y축 방향)을 느린 축(slow axis)이라 한다. X축 및 Y축은 서로 수직인 축으로서, 피검체의 깊이 방향을 Z축으로 정의할 때에, Z축에 수직인 2개의 축을 의미하고, 이하에서도 동일한 의미로 사용한다. 이렇게 X-fast 스캔이 완료되면, 추가적으로 위와 동일한 방식으로 X축(느린 축) 방향으로 옮겨 가면서 Y축(빠른 축)을 따라 스캐닝하는 Y-fast 스캔을 실시하여 3차원 영상을 얻는다. 이 경우, 추가적인 Y-fast 스캔은

로 인해 영상 획득 시간이 길어지며, X-fast 스캔과 Y-fast 스캔 사이에 시간차가 발생하므로 망막의 움직임에 따른 영향을 받게 되고, 이를 보정하기 위하여 추가적인 스캐닝을 실시하거나, 또는 여러 개의 3D 영상을 얻어서 최적화하는 방법 등을 사용하여야 하는 문제가 있다.

[0048] 이에 본 발명에서는 스캐닝 방향이 수직인 2개의 광을 이용해 어느 하나의 광이 X축(빠른 축)으로 스캔(X-fast 스캔)하는 동안, 동시에 다른 광이 Y축(빠른 축)으로 스캔(Y-fast 스캔)하여, 2차원 XZ 평면 이미지와 YZ 평면 이미지를 동시에 획득할 수 있는 광 결맞음 영상시스템을 개발하였다.

[0049] 한편, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템이 반드시 안과 분야에 한정하여 사용되는 것은 아니고, 피부과, 내과, 치과 등의 의료분야에도 적용 가능하므로, 여기서의 피검체(S)는 망막일 수 있지만, 그 외에 영상화하고자 하는 조직 내부의 다양한 미세 구조일 수도 있다.

[0051] 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은 광원부(10), 광분배부(20), 샘플단(40), 기준단(50), 간섭부(60), 및 검출부(70)를 포함한다.

[0052] 광원부(10)는 결맞음 광원을 구비함으로써 광 대역의 빛을 생성한다. 여기서, 생성된 광 대역의 빛은 광분배부(20)로 전송된다. 이때, 빛은 전송로를 따라 이동하는데, 전송로는 광섬유로 제공될 수 있다. 이하, 구성요소들을 서로 연결하는 전송로도 광섬유로 구현될 수 있다.

[0054] 광분배부(20)는 광원부(10)로부터 빛을 전달받아 다수의 갈래로 분배한다. 여기서, 광분배부(20)는 적어도 하나 이상의 광분배기를 포함할 수 있는데, 광분배기는 광섬유 분배기(fiber coupler)로 형성될 수 있고, 그 개수는 후술할 실시예에서 구체적으로 설명한다. 본 실시예에서 광분배부(20)에서 분배되는 빛 중 일부는 샘플단(40)으로, 다른 일부는 기준단(50)으로 전달된다. 한편, 후술하는 다른 실시예에서는 광분배부(20)에서 분배되는 빛 중 일부가 편광분배부(30)를 거쳐 샘플단(40)으로 전달된다.

[0056] 본 실시예에서 샘플단(40)은 광분배부(20)에서 분배되는 빛 중 일부를 수평편광 및 수직편광으로 분리한다. 이때 분리된 수평편광 및 수직편광은 서로 다른 광로를 따라 진행하고, 스캐닝 방향이 서로 수직이 되도록 변환되어 피검체(S)에 출사된다. 출사된 수평편광 및 수직편광은 각각 피검체(S)에서 반사되어, 샘플단(40)으로 복귀하는데, 이하에서 피검체(S)에 반사된 수평편광을 반사 수평편광이라고 하고, 피검체(S)에 반사된 수직편광을 반사 수직편광이라고 한다.

[0057] 반사 수평편광 및 반사 수직편광은 샘플단(40)을 통해 다시 광분배부(20)로 전달되고, 최종적으로는 후술할 간섭부(60)로 전송된다.

[0058] 한편, 피검체(S)에 조사되는 수평편광 및 수직편광은, 샘플단(40)에 최초로 분리된 수평편광 및 수직편광을 그대로 사용하지 않고, 후술할 샘플단(40)의 구성을 통해 분리된 수평편광이 수직편광으로부터 변환되고, 분리된 수직편광이 수평편광으로 변환되어, 서로 수직한 스캐닝 방향을 가지고 동시에 피검체(S)로 입사된다. 이에 대한 자세한 내용은 도 7 및 도 8을 참고로 후술한다.

[0060] 기준단(50)은 전송한 광분배부(20)로부터 분배된 빛 중 일부를 전달받고, 이를 분리하여 수평편광 성분 및 수직편광 성분을 포함하는 기준광을 생성한다. 여기서 생성된 기준광은 간섭부(60)로 전송된다.

[0062] 간섭부(60)는 광분배부(20)로부터 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 전달받고, 기준단(50)으로부터 기준광을 전달받아, 간섭신호를 생성한다. 여기서, 간섭부(60)는 적어도 하나 이상의 간섭계를 포함하고, 간섭계는 광섬유 분배기로 구현될 수 있다. 간섭계의 개수는 후술할 실시예에서 상세하게 설명한다.

[0063] 간섭신호는 반사 수평편광과 기준광의 수평편광 성분이 서로 만나 간섭 현상을 일으키고, 또한 반사 수직편광과 기준광의 수직편광 성분이 서로 만나 간섭 현상을 일으켜 2가지로 생성된다. 여기서, 전자의 간섭 현상에 의한 신호를 수평편광 성분의 간섭신호, 후자의 간섭 현상에 의한 신호를 수직편광 성분의 간섭신호라고 한다. 이렇게 생성된 2개의 간섭신호를 통해 피검체(S)의 소정의 영역에 대한 영상을 획득할 수 있다.

- [0064] 이때, 스캐닝 방향이 서로 수직인 수평편광 및 수직편광이 동시에 피검체(S)에 입사되고, 동일 영역 내에서 어느 하나의 광이 X축(빠른 축)을 따라 스캔하는 동안, 동시에 다른 하나의 광이 Y축(빠른 축)을 따라 스캔하므로, 서로 수직인 XZ 평면 영상 이미지와 YZ 평면 영상 이미지를 동시에 얻을 수 있다.
- [0065] 따라서, 본 발명을 통해 망막에 대한 영상을 취득할 때에, 종래 광 결맞음 영상시스템과 달리, 동시에 수직인 스캐닝 방향으로 망막을 스캔하므로, 얻어진 안구 영상의 후처리를 통해 안구의 움직임에 영향을 받지 않은 고품질의 혈관 영상을 얻을 수 있다. 나아가, 종래 광 결맞음 영상시스템은 안구의 움직임을 보상하기 위해 추가적인 스캐닝을 수행하므로 영상 취득에 상당한 시간이 소요되는 반면, 본 발명에 의하면 추가적인 스캐닝이 불필요하므로 영상 취득 시간이 상대적으로 빨라진다. 또한, 혈관 영상의 질을 높이기 위해 여러 개의 3D 영상을 촬영하여 평균화하는 기법을 사용하기도 하는데, 이때 본 발명에 따르면 영상 촬영 시간을 단축시킬 수 있고, 촬영 시의 환자의 부담과 안구 움직임에 따른 영향을 최소화할 수 있다.
- [0067] 한편, 서로 수직인 2개의 영상을 얻기 위해, 간섭신호를 전기적 신호로 변환할 필요가 있는데, 이때 전기적 신호로의 변환은 검출부(70)에 의해 이루어진다. 여기서, 검출부(70)는 밸런스 광 검출기(balanced photodetector, BPD)를 포함하여, 간섭신호를 검출할 수 있다.
- [0069] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은 수평편광과 수직편광이 동시에 피검체(S)에 입사되어 복귀하고, 기준단(50)을 통과한 빛과 간섭 현상을 일으켜, 서로 수직인 방향으로 2개의 영상을 취득할 수 있도록 구성되는데, 보다 구체적인 구성에 대해서는 하기의 실시예를 통해 상세히 설명한다.
- [0071] 도 3은 본 발명에 따른 제1-1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도로서, 도 3을 참고로, 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 대해 설명한다.
- [0072] 본 발명의 제1-1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 광분배부(20)는 1개의 광섬유 분배기(21)를 포함하여, 광원부(10)에서 생성된 빛 중 일부는 샘플단(40)으로, 다른 일부는 기준단(50)으로 전송한다. 또한, 샘플단(40)을 거쳐서 복귀하는 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 전달받아 간섭부(60)로 전송한다. 도 3에서 샘플단(40)으로 입사하는 빛은 실선으로, 반사 수평편광 및 반사 수직편광은 점선으로 각각 표시하였다.
- [0073] 이때, 광원부(10)와 광분배부(20), 광분배부(20)와 샘플단(40), 광분배부(20)와 기준단(50), 광분배부(20)와 간섭부(60), 후술할 기준단(50)과 간섭부(60)는 전송로로 연결되고, 이때 전송로는 광섬유로 제공될 수 있다. 또한, 상기 전송로 중 광원부(10)와 광분배부(20)를 제외한 전송로 중 적어도 어느 하나 이상에는 편광 조절기(polarization controller, PC)가 배치될 수 있다. 여기서, 편광 조절기는 빛의 광강도를 최대화하면서 빛의 모양을 가우시안에 가깝게 형성한다.
- [0075] 기준단(50)은 편광분배기(55), 제1 반사미러(56), 제1 1/4 파장판(57), 제2 반사미러(58), 및 제2 1/4 파장판(59)을 포함할 수 있다.
- [0076] 편광분배기(51)는 광분배부(20)로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 출사한다. 도 3에서, 편광분배기(55)는 수평편광 성분은 그대로 통과하여 직진 진행시키고, 수직편광 성분은 90도로 반사하여 진행시키는 것으로 도시하였고, 여기서 실선은 광분배부(20)로부터 입사된 빛과 그로부터 분리되는 수평 및 수직편광 성분 각각을 나타낸다.
- [0077] 한편, 출사된 제1 수직편광이 진행하는 제1 광로 상에는 진행 방향을 따라 제1 1/4 파장판(57), 및 제1 반사미러(56)가 순차적으로 배치된다. 따라서, 제1 수직편광은 제1 반사미러(56)에 반사되어 편광분배기(51)로 복귀하는데, 이때 제1 1/4 파장판(57)을 2회에 걸쳐 통과하므로, 편광 방향이 90도 편향되어 제2 수평편광으로 변환되고, 제2 수평편광은 편광분배기(51)를 그대로 통과하여 직진 진행하게 된다. 또한, 제1 수평편광이 진행하는 제2 광로 상에도 제2 1/4 파장판(59), 및 제2 반사미러(58)가 순차적으로 배치되므로, 출사된 제1 수평편광은 편광분배기(55)로 복귀하면서 제2 수직편광으로 변환된다. 이렇게 변환된 제2 수평편광 및 제2 수직편광은 간섭부

(60)로 전달된다.

- [0079] 여기서, 기준단(50)는 제1 반사미러(56), 또는 제2 반사미러(58)가 각각의 광로를 따라서 전후진 이동함으로써, 제2 수평편광 및 제2 수직편광 각각의 광학 길이를 조절할 수 있다. 이는, 제2 수평편광의 광학 길이와 제2 수직편광의 광학 길이를 서로 다르게 조절하여, 2개의 영상이 서로 겹쳐지지 않게 하는 것이다. 이를 통해서, 1개의 밸런스 광검출기(71)만으로 2개의 영상을 획득할 수 있다.
- [0080] 따라서, 본 실시예에 따른 기준단(50)를 사용함으로써, 1개의 밸런스 광검출기(71)만으로 검출부(70)를 간단하게 구현할 수 있다.
- [0082] 또한, 기준단(50)는 콜리메이터(colimator, C)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 콜리메이터는 광분배부(20)로부터 편광분배기(51)를 향하는 전송로의 말단, 및 간섭부(60)와 연결되는 전송로 중 편광분배기(51)로부터 빛이 입사되는 말단에 배치되어, 편광분배기(51)로 입사되고, 출사되는 빛을 평행광으로 형성한다. 또한, 콜리메이터는 샘플단(40)으로 입사하는 전송로의 말단에도 추가적으로 배치될 수 있다.
- [0084] 본 실시예에서, 간섭부(60)는 1개의 간섭계(61)를 포함할 수 있다. 전술한 바와 같이, 간섭계(61)는 광섬유 분배기로 구현될 수 있는바, 1개의 간섭계(61)는 1개의 광섬유 분배기로 이루어질 수 있다. 이때, 간섭계(61)는 광분배부(20) 및 기준단(50) 각각과 연결된다. 따라서, 광분배부(20)로부터 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 전달받고, 기준단(50)으로부터는 제2 수평편광 및 제2 수직편광을 전달받아, 반사 수평편광과 기준광의 수평편광을 간섭시켜 수평편광 성분의 간섭신호를, 반사 수직편광과 기준광의 수직편광을 간섭시켜 수직편광 성분의 간섭신호를 각각 생성하게 된다. 이렇게 생성된 2개의 간섭신호는 전술한 대로, 1개의 밸런스 광검출기(71)로 전송되어 전기적 신호로 변환된다.
- [0086] 도 4는 본 발명에 따른 제2 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다. 이하에서는 전술한 제1 실시예와의 차이점을 중심으로 설명한다.
- [0087] 도 4를 참고로, 본 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은, 편광분배부(30)를 더 포함할 수 있다.
- [0088] 편광분배부(30)는 광분배부(20)로부터 빛을 입사받아, 수평편광 및 수직편광으로 분리한다. 여기서, 편광분배부(30)는 편광분배기(polarization beamsplitter, PBS)를 포함함으로써, 입사광을 수평편광과 수직편광으로 분리하여, 각각을 샘플단(40)으로 출사한다.
- [0089] 여기서, 샘플단(40)은 편광분배부(30)로부터 수평편광 및 수직편광을 입사받아, 피검체(S)에 출사시킨다. 이때, 출사된 수평편광 및 수직편광은 각각 피검체(S)에서 반사되어, 샘플단(40)으로 복귀한다(반사 수평편광 및 반사 수직편광).
- [0090] 기준단(50)은 전술한 광분배부(20)로부터 분배된 빛 중 일부를 입사받아 소정의 편광으로 변환시킨다. 이때, 편광에는 수평편광 성분 및 수직편광 성분이 포함되고, 이러한 성분이 포함된 편광은 간섭부(60)로 전송된다.
- [0091] 간섭부(60)는 편광분배부(30)로부터 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 전달받고, 기준단(50)으로부터 소정의 편광을 전달받아, 간섭신호를 생성한다. 여기서, 간섭부(60)는 적어도 하나 이상의 간섭계를 포함하고, 간섭계는 광섬유 분배기로 구현될 수 있다. 간섭신호는 반사 수평편광과 편광의 수평편광 성분이 서로 만나 간섭 현상을 일으키고, 반사 수직편광과 편광의 수직편광 성분이 서로 만나 간섭 현상을 일으켜, 수평편광 성분의 간섭신호 및 수직편광 성분의 간섭신호로 생성된다.
- [0092] 검출부(70)는 밸런스 광 검출기(balanced photodetector, BPD)를 포함하여, 간섭신호를 검출한다.
- [0094] 도 5는 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- [0095] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2-1 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템

의 광분배부(20)는 1개의 광섬유 분배기(21)를 포함하여, 광원부(10)에서 생성된 빛 중 일부를 편광분배부(30)로, 다른 일부를 기준단(50)으로 전송한다. 또한, 샘플단(40) 및 편광분배부(30)를 거쳐서 복귀하는 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 전달받아 간섭부(60)로 전송한다.

[0097] 이때, 광원부(10)와 광분배부(20), 광분배부(20)와 편광분배부(30), 광분배부(20)와 기준단(50), 광분배부(20)와 간섭부(60), 후술할 기준단(50)과 간섭부(60)는 전송로로 연결되고, 이때 전송로는 광섬유로 제공될 수 있고, 상기 전송로 중 광원부(10)와 광분배부(20)를 제외한 전송로 중 적어도 어느 하나 이상에는 편광 조절기(polarization controller, PC)가 배치될 수 있다.

[0099] 본 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 편광분배부(30)는 광분배부(20)로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하고, 그 제1 수평편광을 제2 수직편광으로, 제1 수직편광을 제2 수평편광으로 변환하여 샘플단(40)으로 출사하고, 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 광분배부(20)로 전달한다. 여기서, 반사 수평편광 및 반사 수직편광은 제2 수평편광 및 제2 수직편광이 피검체(S)에서 반사된 편광을 의미한다.

[0100] 이러한 기능을 수행하는 편광분배부(30)는 구체적으로, 편광분배기(31), 제1 반사미러(32), 제1 1/4 파장판(33), 제2 반사미러(34), 및 제2 1/4 파장판(35)을 포함할 수 있다.

[0101] 여기서, 편광분배기(31)는 광분배부(20)로부터 입사받은 빛을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하여 출사하는데, 도 5에서, 편광분배기(31)는 수평편광 성분은 그대로 통과하여 직진 진행시키고, 수직편광 성분은 90도로 반사하여 직진 진행시키는 것으로 도시하였고, 여기서 실선은 광분배부(20)로부터 입사된 빛과 그로부터 분리되는 수평 및 수직편광 성분을 각각 나타내고, 점선은 피검체(S)에서 반사되어 샘플단(40)을 거쳐 입사되는 수평 및 수직 편광 성분을 각각 나타낸다. 이하, 도 6 내지 도 8의 편광분배기(36, 56, 57, 42, 46)도 위와 동일하게 수평편광은 그대로 통과하여 직진하고, 수직편광은 90도로 반사되어 직진하는 것으로 나타낸다.

[0102] 한편, 출사된 제1 수직편광이 진행하는 제1 광로 상에는 진행 방향을 따라 제1 1/4 파장판(33), 및 제1 반사미러(32)가 순차적으로 배치된다. 따라서, 제1 수평편광은 제1 반사미러(32)에 반사되어 편광분배기(31)로 복귀하는데, 이때 제1 1/4 파장판(33)을 2회에 걸쳐 통과하므로, 편향되어 제2 수평편광으로 변환된다.

[0103] 또한, 제1 수평편광이 진행하는 제2 광로 상에도 제2 1/4 파장판(35), 및 제2 반사미러(34)가 순차적으로 배치되므로, 출사된 제1 수평편광은 편광분배기(31)로 복귀하면서 제2 수직편광으로 변환된다. 이렇게 변환된 제2 수평편광 및 제2 수직편광은 편광분배기(31)를 통해, 샘플단(40)으로 출사된다. 이때, 샘플단(40)을 거쳐 피검체(S)에서 반사된 반사 수직편광 및 반사 수평편광은 편광분배부(30)를 통해 광분배부(20)로 전달된다.

[0105] 여기서, 편광분배부(30)는 제1 반사미러(32), 또는 제2 반사미러(34)가 각각의 광로를 따라서 전후진 이동함으로써, 제2 수평편광 및 제2 수직편광 각각의 광학 길이를 조절할 수 있다. 이는, 제2 수평편광의 광학 길이와 제2 수직편광의 광학 길이를 서로 다르게 조절하여, 2개의 영상이 서로 겹쳐지지 않게 하는 것으로, 이를 통해 1개의 밸런스 광검출기(71)만으로 2개의 영상을 획득할 수 있다. 따라서, 본 실시예에 따른 편광분배부(30)를 사용함으로써, 1개의 밸런스 광검출기(71)만으로 검출부(70)를 간단하게 구현할 수 있다.

[0107] 또한, 편광분배부(30)는 콜리메이터(colimator, C)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 콜리메이터는 광분배부(20)로부터 편광분배기(31)를 향하는 전송로의 말단에 배치되어, 편광분배기(31)로 입사되는 빛을 평행광으로 형성한다.

[0109] 한편, 본 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 기준단(50)은 선형 편광기(linear polarizer, 51)를 포함할 수 있다. 선형 편광기(51)는 광분배부(20)로부터 입사받은 빛을 수평편광 성분과 수직편광 성분이 혼재된 45도 편광으로 편향시켜 출사한다.

[0110] 또한, 기준단(50)은 광분배부(20)로부터 선형 편광기(51)를 향하는 전송로의 말단, 및 간섭부(60)로부터 선형

편광기(51)를 향하는 전송로의 말단 각각에 배치되는 콜리메이터(C)를 더 포함할 수 있다. 따라서, 선형 편광기(51)로 입사되고, 출사되는 빛은 평행광 형태로 전송되고, 이때 출사되는 45도 편광은 간섭부(60)로 전달된다.

- [0112] 본 실시예에서, 간섭부(60)는 1개의 간섭계(61)를 포함할 수 있다. 전술한 바와 같이, 간섭계(61)는 광섬유 분배기로 구현될 수 있는바, 1개의 간섭계(61)는 1개의 광섬유 분배기로 이루어질 수 있다. 이때, 간섭계(61)는 광분배부(20) 및 기준단(50) 각각과 연결된다. 따라서, 광분배부(20)로부터 반사 수평편광 및 반사 수직편광을 전달받고, 기준단(50)으로부터 45도 편광을 전달받아, 반사 수평편광과 45도 편광의 수평편광 성분을 간섭시켜 수평편광 성분의 간섭신호를, 반사 수직편광과 45도 편광의 수직편광 성분을 간섭시켜 수직편광 성분의 간섭신호를 각각 생성하게 된다. 이렇게 생성된 2개의 간섭신호는 전술한 대로, 1개의 밸런스 광검출기(71)로 전송되어 전기적 신호로 변환된다.
- [0114] 이하에서는 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템에 대해 설명한다. 도 6은 본 발명의 제2-2 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이다.
- [0115] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 광분배부(20)는 주 광분배기(26), 제1 광분배기(27), 및 제2 광분배기(28)를 포함할 수 있다.
- [0116] 여기서, 주 광분배기(26)는 광원부(10)로부터 생성된 빛을 2갈래, 즉 제1 분배광 및 제2 분배광으로 분배하여, 제1 분배광을 제1 광분배기(27)로 전송하고, 제2 분배광을 제2 광분배기(28)로 전송한다.
- [0117] 제1 광분배기(27)는 제1 분배광을 다시 2갈래로 분배하여, 그 중 일부(이하 제1-1 분배광이라 함)를 편광분배부(30)로, 다른 일부(이하 제1-2 분배광이라 함)를 기준단(50)으로 진행시킨다. 제2 광분배기(28)도 제2 분배광을 2갈래로 분배하여, 그 중 일부(이하 제2-1 분배광이라 함)를 편광분배부(30)로, 다른 일부(이하 제2-2 분배광이라 함)를 기준단(50)으로 진행시킨다.
- [0118] 또한, 제1 광분배기(27)는 후술할 편광분배부(30)로부터 반사 수평편광을 전달받아, 간섭부(60)의 제1 간섭계(66)로 전달하고, 제2 광분배기(28)는 편광분배부(30)로부터 반사 수직편광을 전달받아, 간섭부(60)의 제2 간섭계(67)로 전달한다. 여기서, 주 광분배기(26), 제1 광분배기(27), 및 제2 광분배기(28) 각각은 광섬유 분배기로 구현될 수 있다.
- [0120] 또한, 광원부(10)와 주 광분배기(26), 주 광분배기(26)와 제1 및 제2 광분배기(27, 28) 각각, 제1 및 제2 광분배기(27, 28) 각각과 편광분배부(30) 및 기준단(50) 각각, 제1 및 제2 광분배기(27, 28) 각각과 제1 및 제2 간섭계(66, 67) 각각은 광섬유로 구현되는 전송로에 의해 연결될 수 있다. 이때, 제1 및 제2 광분배기(27, 28)와 연결되는 전송로 중 적어도 하나 이상에는 편광 조절기(polarization controller, PC)가 배치되어, 빛의 광강도를 최대화하면서 빛의 모양을 가우시안에 가깝게 형성할 수 있다.
- [0122] 한편, 본 실시예에서의 편광분배부(30)는 편광분배기(36)를 포함할 수 있는데, 편광분배기(36)는 입사되는 제1 분배광 중 일부, 즉 제1-1 분배광을 제1 수평편광 및 제1 수직편광으로 분리하고, 그 중 제1 수평편광을 샘플단(40)으로 출사한다. 또한, 편광분배기(36)는 입사되는 제2 분배광 중 일부인 제2-1 분배광을 제2 수평편광 및 제2 수직편광으로 분리하고, 제2 수직편광을 샘플단(40)으로 출사한다. 이때, 샘플단(40)을 거쳐 피검체(S)에서 반사된 빛은 다시 샘플단(40) 및 편광분배기(36)로 입사되어, 반사 수평편광은 제1 광분배기(27)로, 반사 수직편광은 편광분배기(36)를 거쳐 제2 광분배기(28)로 각각 전달된다.
- [0123] 또한, 편광분배부(30)는 콜리메이터(colimator, C)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 콜리메이터(C)는 제1 광분배기(27), 및 제2 광분배기(28)로부터 편광분배기(36)를 향하는 각각의 전송로의 말단에 배치되어, 편광분배기(36)로 입사되는 빛을 평행광으로 형성한다.
- [0125] 본 실시예에 따른 기준단(50)은 제1 기준단 편광분배기(56), 및 제2 기준단 편광분배기(57)를 포함할 수 있다.
- [0126] 여기서, 제1 기준단 편광분배기(56)는 입사되는 제1 분배광 중 일부, 즉 제1-2 분배광을 제3 수평편광 및 제3

수직편광으로 분리하여, 제3 수평편광을 제2 기준단 편광분배기(57)로 진행시킨다. 또한, 입사되는 제2 분배광 중 다른 일부인 제2-2 분배광을 제4 수평편광 및 제4 수직편광으로 분리하여, 제4 수직편광을 제2 기준단 편광분배기(57)로 진행시킨다.

[0127] 한편, 제2 기준단 편광분배기(57)는 전달받은 제3 수평편광을 후술할 간섭부(60)의 제1 간섭계(66)로, 전달받은 제4 수직편광을 후술할 간섭부(60)의 제2 간섭계(67)로 각각 진행시킨다.

[0128] 이때, 기준단(50)은 콜리메이터(colimator, C)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 콜리메이터(C)는 제1 광분배기(27), 및 제2 광분배기(28)로부터 제1 기준단 편광분배기(56)를 향하는 각각의 전송로의 말단, 그리고 제1 간섭계(66), 및 제2 간섭계(67)로부터 제2 기준단 편광분배기(57)를 향하는 각각의 전송로의 말단 중 적어도 하나 이상에 배치될 수 있다.

[0130] 본 실시예에서의 간섭부(60)는 제1 간섭계(66), 및 제2 간섭계(67)를 포함할 수 있다.

[0131] 여기서, 제1 간섭계(66)는 전술한 바와 같이, 제1 광분배기(27)로부터 반사 수평편광을 전달받고, 제2 기준단 편광분배기(57)로부터 제3 수평편광을 전달받아, 이들을 간섭시켜 수직편광 성분의 간섭신호를 생성한다.

[0132] 한편, 제2 간섭계(67)는 전술한 대로, 제2 광분배기(28)로부터 반사 수직편광을 전달받고, 제2 기준단 편광분배기(57)로부터 제4 수직편광을 전달받아, 이들을 간섭시킴으로써 수평편광 성분의 간섭신호를 생성한다.

[0133] 이때, 제1 및 제2 간섭계(66, 67) 각각은 광섬유 분배기로 구현될 수 있다.

[0135] 여기서, 검출부(70)는 제1 밸런스 광검출기(76), 및 제2 밸런스 광검출기(77)를 포함하는데, 제1 밸런스 광검출기(76)는 제1 간섭계(66)와 연결되어 수평편광 성분의 간섭신호를 전기적 신호로 변환하고, 제2 밸런스 광검출기(77)는 제2 간섭계(67)와 연결되어 수직편광 성분의 간섭신호를 전기적 신호로 변환한다.

[0137] 이하에서는 본 발명에 따른 동시 직각 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 샘플단(40)에 대해 서술한다. 도 7 및 도 8은 도 2 내지 도 6에 도시된 샘플단의 구성도이다.

[0138] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 샘플단(40)은 갈바노미터 스캐너(galanometer scanner), 제1 샘플단 편광분배기, 제1 미러부, 1/2 파장판, 제2 미러부, 및 제2 샘플단 편광분배기를 포함한다.

[0139] 갈바노미터 스캐너는 한 쌍의 스캐닝 미러(scanning mirror)를 포함하여 피검체를 스캔한다. 여기서, 한 쌍의 스캐닝 미러는 서로 수직인 가상의 XYZ 3차원 공간에 X축 및 Z축 방향으로 배치된 회전축을 중심으로 각각 회전하여, 전달받은 빛을 Z축 방향으로 조사한다.

[0140] 제1 샘플단 편광분배기는 갈바노미터 스캐너로부터 빛을 전달받아, 제5 수평편광 및 제5 수직편광으로 분리하여, 제5 수평편광을 그대로 직진 통과시켜 Z축 방향을 향하도록 하고, 제5 수직편광을 X축 방향으로 출사시켜 서로 다른 광로를 따라 이동하게 한다.

[0141] 제1 미러부는 3개의 미러(mirror, 43a, 43b, 43c)를 배치하여 제5 수평편광의 광로를 결정한다. 여기서, 제1-1 미러는 출사된 제5 수평편광을 Y축 방향으로 반사하고, 제1-2 미러는 제1-1 미러에서 반사된 제5 수평편광을 Z축 방향으로 반사하며, 제1-3 미러는 제1-2 미러에서 반사된 제5 수평편광을 X축 방향으로 반사한다. 이때, 3개의 미러(43a, 43b, 43c)을 거친 제5 수평편광의 편광 방향은 바뀌지 않는다.

[0142] 1/2 파장판은 제1-3 미러에서 반사된 제5 수평편광을 입사받아, 편광 방향을 90도 변환시켜 제6 수직편광을 생성하여 출사한다.

[0143] 한편, 제2 미러부는 2개의 미러(45a, 45b)를 배치하여 제1 샘플단 편광분배기에서 출사된 제5 수직편광의 광로 및 스캔 방향을 결정한다. 여기서, 제2-1 미러는 제5 수직편광을 Y축 방향으로 반사하고, 제2-2 미러는 반사된 제5 수직편광을 Z축 방향으로 반사한다. 이때, 제2-2 미러에서 반사된 제5 수직편광은 편광 방향이 90도 변환되어 제6 수평편광으로 변환되는데, 이때 제6 수평편광의 스캔 방향은 X축 방향이 된다.

[0144] 제2 샘플단 편광분배기는 제6 수평편광 및 제6 수직편광을 입사받아 동시에 피검체가 배치된 Z축 방향으로 출사한다. 이때, 제6 수직편광의 스캔 방향은 Y축 방향이 된다. 따라서, 스캔 방향이 서로 수직인 2개의 빛이 스캔

광으로서 피검체에 조사되어, 어느 하나가 X축(빠른 축)으로 스캔할 때에, 동시에 다른 하나가 Y축(빠른 축)으로 스캔한다.

[0146] 한편, 샘플단(40)은 렌즈(L1, L2)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 렌즈(L1)는 제2 스캐닝 미러(41b)와 제1 샘플단 편광분배기(42) 사이에 배치되는데, 제1 스캐닝 미러(41a)는 렌즈(L1)의 초점 거리에 존재하기 때문에, 제1 스캐닝 미러(41a)에서 스캔되어 렌즈(L1)에 도달한 2D 스캔은 콜리메이팅(collimating)되어 스캔광을 형성한다.

[0147] 또한, 제2 샘플단 편광분배기(46)로부터 출사되는 제6 수평편광 및 제6 수직편광을 피검체(S, 도 1 참조)의 동일 초점 영역으로 조사하기 위해서 또 다른 렌즈(L2)가 배치될 수도 있다. 여기서, 피검체(S, 도 1 참조)가 망막인 경우에, 2개의 스캔광은 각막과 수정체를 통과하면서 집광되어 망막에 포커싱(focusing)된다.

[0149] 도 9는 본 발명의 제3 실시예에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템의 구성도이고, 도 10은 도 9에 도시된 영상보정부가 안구의 움직임을 추적하는 그래프이다.

[0150] 도 9를 참고로, 본 발명에 따른 동시 직각 스캐닝 듀얼 빔 광 결맞음 영상시스템은 영상보정부(80)를 더 포함할 수 있다.

[0151] 영상보정부(80)는 스캐닝 동안에 획득된 XY 평면 영상 이미지와 YZ 평면 영상 이미지 사이의 상관관계(correlation)를 측정하여, 피검체의 움직임을 감지하고, 이를 기반으로 영상 이미지를 보정한다. 이러한 영상보정부(80)는 알고리즘에 따라 정보를 처리할 수 있는 컴퓨팅(computing) 장치로 구현되는데, 우선 스캐닝 동안 획득한 영상 이미지 사이의 상관관계를 분석한다. 여기서, 상관관계는 X-fast 스캔과 Y-fast 스캔을 통해 얻은 이미지 각각에 대하여, 시간에 따른 이미지의 이동값(shift value)으로 분석할 수 있다.

[0152] 도 10을 참고로 구체적으로 설명하면, 안구의 망막(retina)을 스캐닝하면서, X-fast 스캔 및 Y-fast 스캔을 통해 각각 얻은 이미지의 측방 이동값(lateral shift value)을 플롯(plot)한다. 이때, 도 10에서는 망막의 단면 영상 이미지를 획득하는데 6 ms가 소요되어 12초 동안 얻은 총 2000장의 영상 이미지의 이동값을 pixel로 표시하였다. 여기서, 10 pixel은 0.07 mm이고, X-fast 스캔을 통한 측방 이동값은 도 10의 좌측 상단에, Y-fast 스캔을 통한 측방 이동값은 도 10의 좌측 하단에 나타났고, 이를 종합한 안구의 움직임을 도 10의 우측에 각각 나타냈다. 도 10에서 화살표 ①을 보면, X-fast 스캔 이미지에서는 큰 움직임을 보이지만 Y-fast 스캔 이미지에서는 미세한 움직임만 관찰되었다. 이를 통해, X축 방향으로의 안구 움직임을 감지할 수 있다. 또한, 화살표 ② 지점에서 Y-fast 스캔 이미지의 움직임은 크게 변했지만, X-fast 스캔 이미지에의 움직임은 미세한 진동만 보였으므로, 그 지점에서는 Y축 방향으로의 안구 움직임을 감지할 수 있다. 이러한 방식에 따라 영상보정부(80)는 피검체의 움직임 및 이동 거리를 감지하고, 크게 움직인 측방 이동값을 보이는 시간 이후의 영상 이미지에 대하여 안구 움직임으로 인한 이동 거리를 보상함으로써 영상 이미지를 보정할 수 있다. 한편, 안구의 측방향 이동값(axial shift value)은 피검자의 심박수에 대응하므로, 그 측방향 이동값을 분석함으로써, 피검자의 심전도를 파악할 수도 있다.

[0154] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

[0156] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

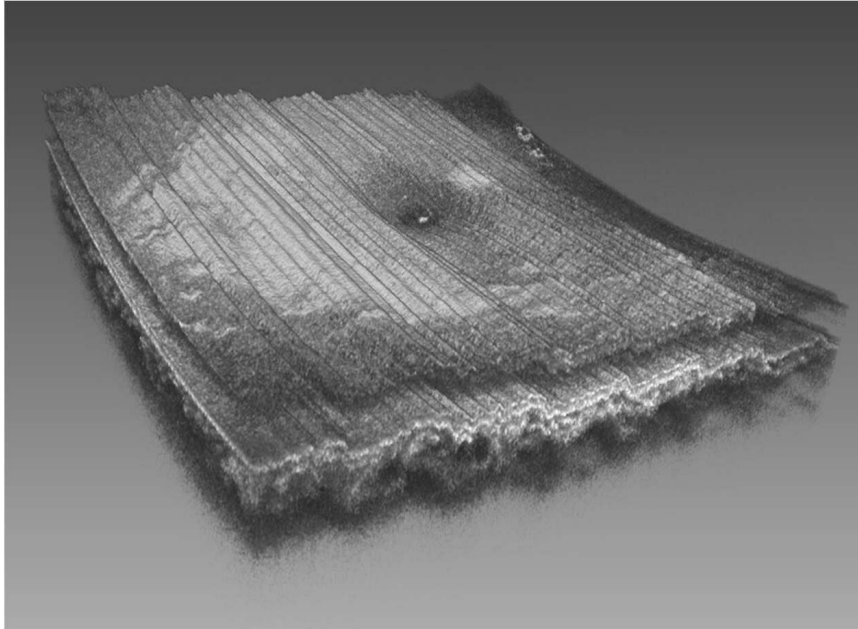
부호의 설명

[0158] S: 피검체 10: 광원부
20: 광분배부 30: 편광분배부

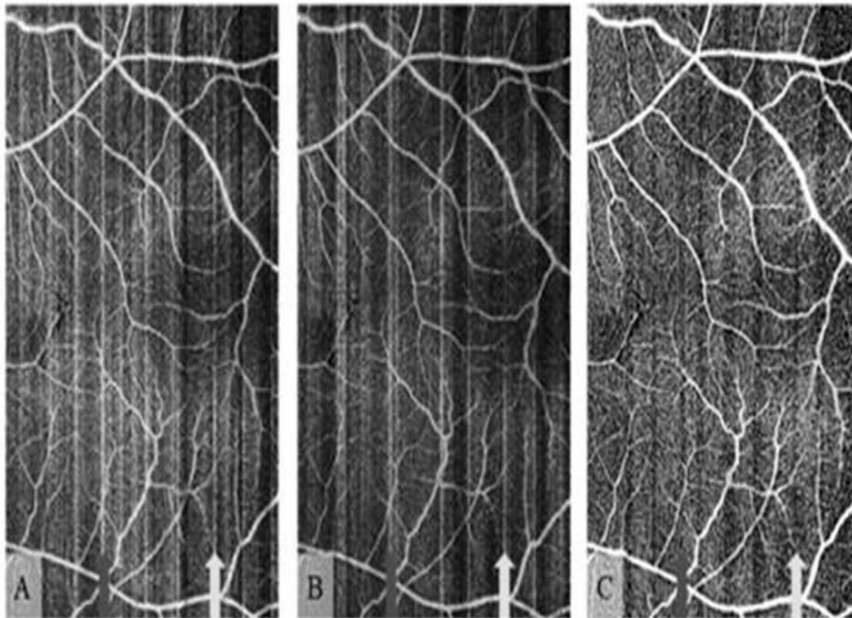
40: 샘플단 50: 기준단
60: 간섭부 70: 검출부
80: 영상보정부

도면

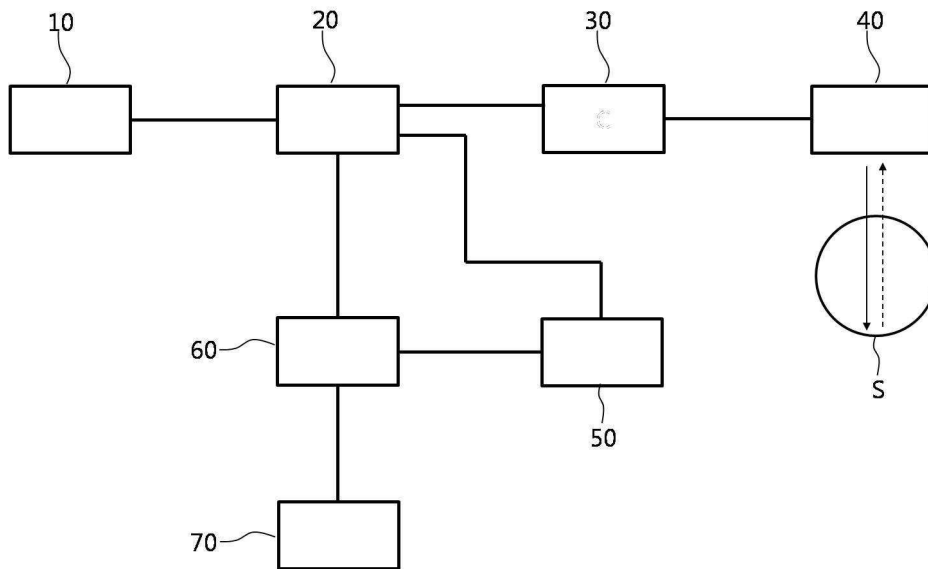
도면1a



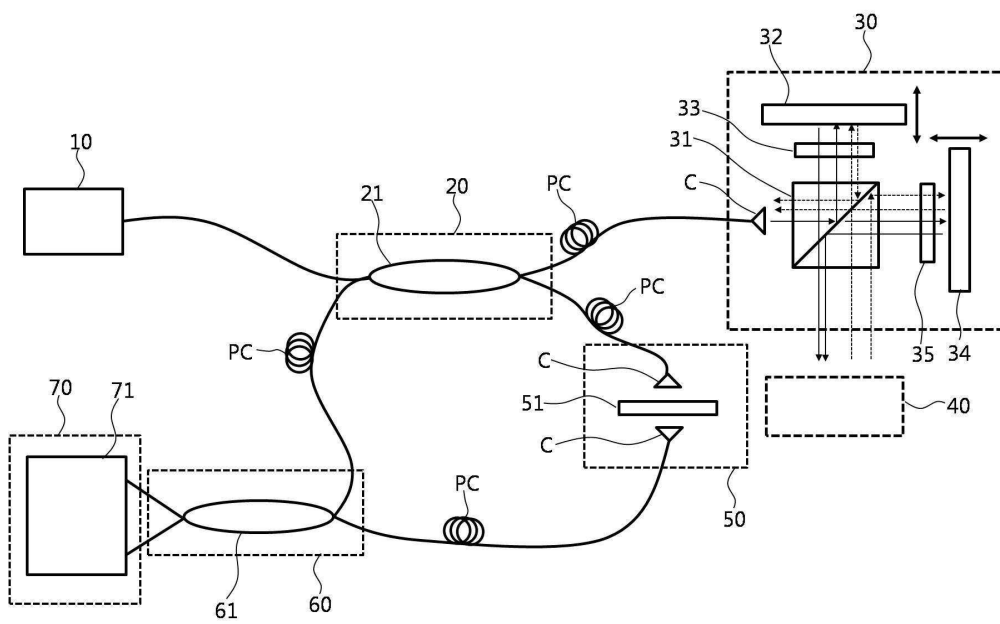
도면1b



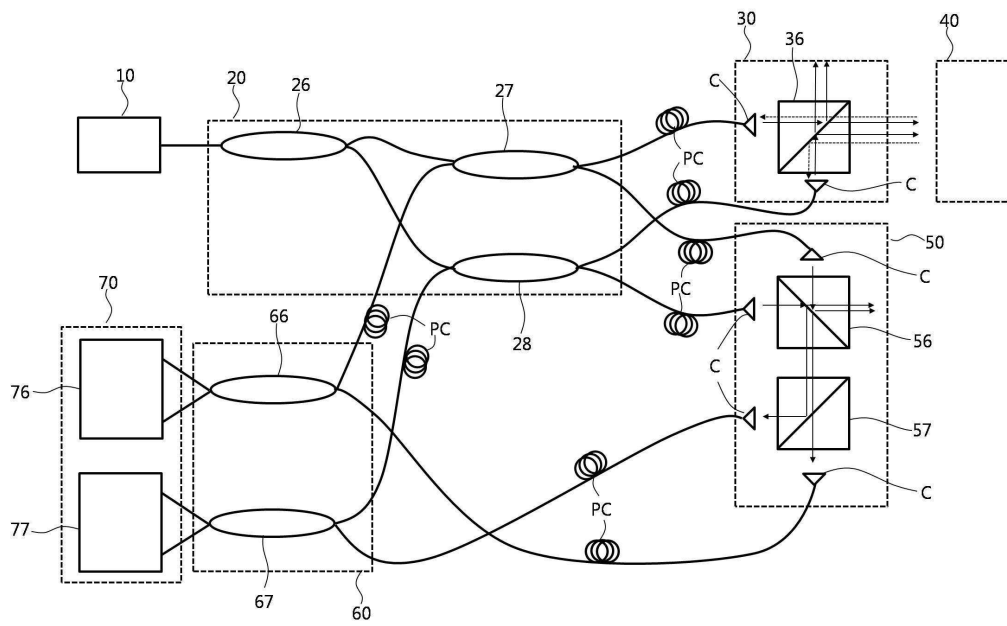
도면4



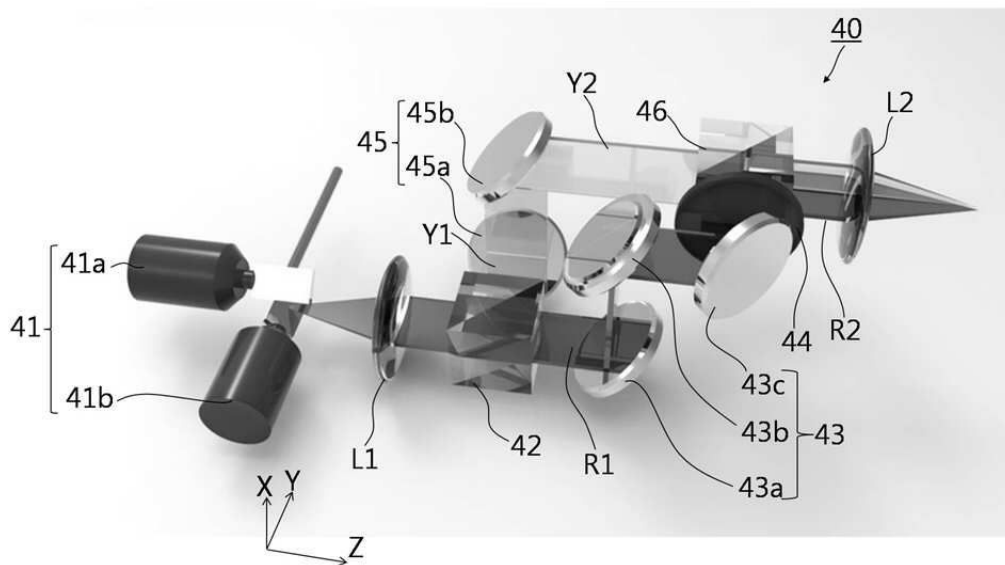
도면5



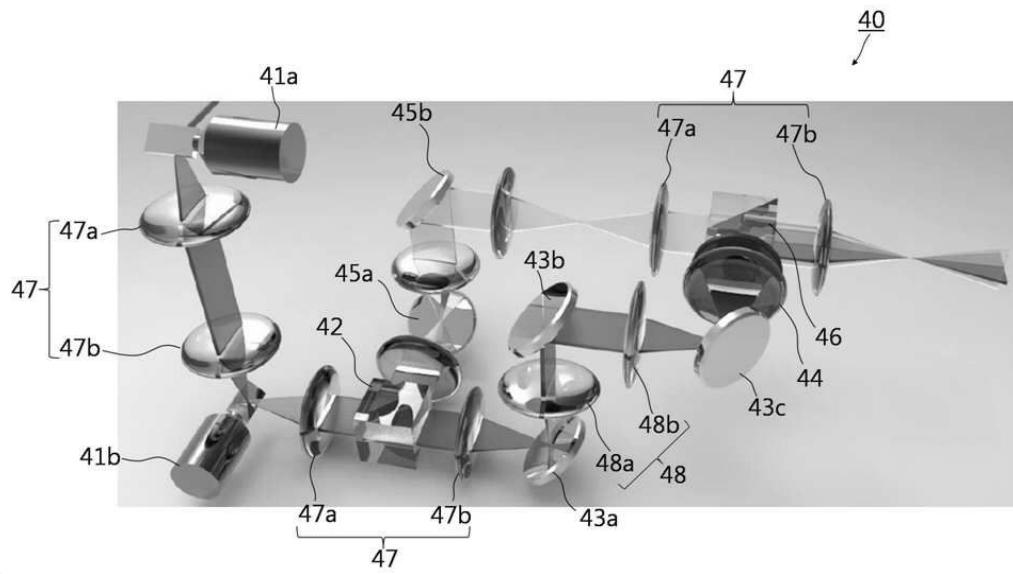
도면6



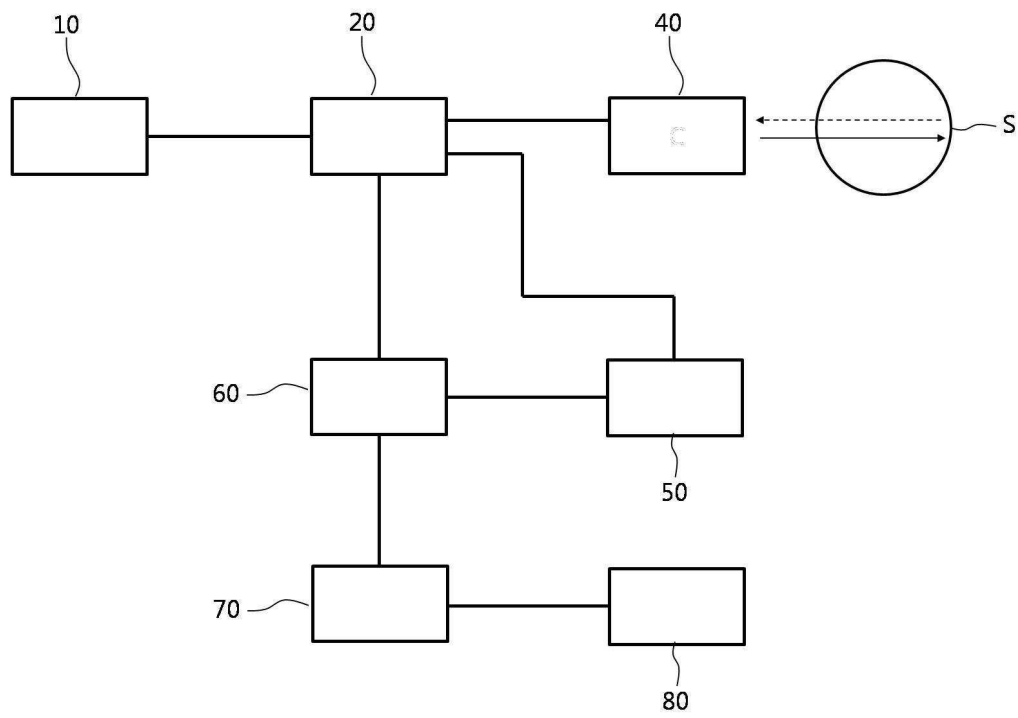
도면7



도면8



도면9



도면10

