



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월16일
(11) 등록번호 10-2567260
(24) 등록일자 2023년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 3/12 (2006.01) A61B 3/10 (2006.01)
A61B 5/00 (2021.01)
(52) CPC특허분류
A61B 3/1241 (2013.01)
A61B 3/0025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0116421
(22) 출원일자 2021년09월01일
심사청구일자 2021년09월01일
(65) 공개번호 10-2023-0033446
(43) 공개일자 2023년03월08일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008517291 A
JP2015511146 A

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김덕영
서울특별시 성동구 독서당로 218, 110동 1401호(옥수동, 옥수삼성아파트)
김동은
서울특별시 서대문구 연희로8길 34, 401
황원상
서울특별시 서대문구 연희로 102, 505호(연희동, 아농스오피스텔)
(74) 대리인
특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 6 항

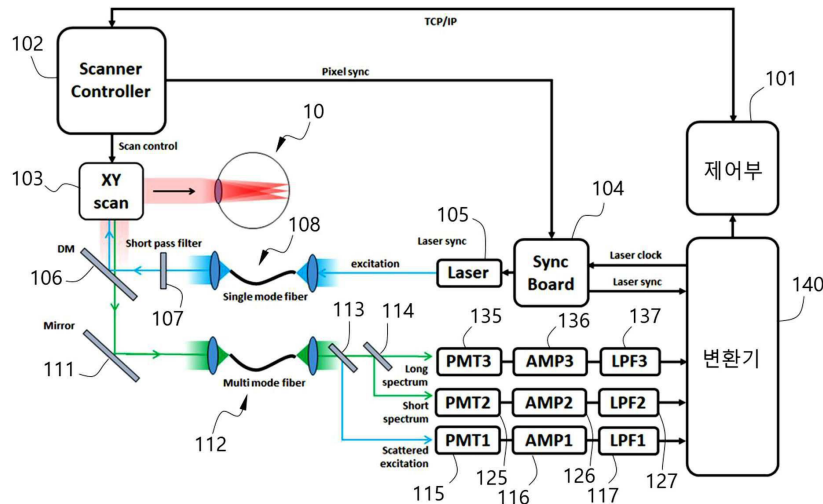
심사관 : 서광욱

(54) 발명의 명칭 망막 진단 시스템 및 이를 이용한 망막 진단방법

(57) 요약

본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법은 (A) 제어부가 스캐너 제어부와 싱크 보드부를 제어하여 피검자의 망막에 레이저 광을 조사하는 단계; (B) 상기 제어부는 상기 망막으로부터 나온 광을 파장별로 분리하여 검출하는 단계; (C) 상기 제어부는 변환기로부터 상기 파장별로 분리된 광을 전기적 신호로 변환한 정보를 수신하는 단계; (D) 상기 제어부는 위상자 분석법으로 상기 전기적 신호로 변환한 정보를 분석하는 단계; 및 (E) 상기 제어부는 상기 망막의 조직에 대해 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 3/1025 (2013.01)

A61B 5/0071 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165607
과제번호	P0011925
부처명	산업자원통상부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	산업기술혁신사업
연구과제명	초고속 형광수명 측정기술을 이용한 차세대 다기능 망막진단장비 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.12.01 ~ 2021.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

제어부;

상기 제어부에 연결되고, 상기 제어부의 제어정보에 따라 망막에 대한 스캐너의 동작을 제어하는 스캐너 제어부;

상기 스캐너 제어부에 연결되고, 연결된 레이저의 광을 단일 모드 광섬유계로 조사하는 싱크 보드부;

상기 단일 모드 광섬유계에서 단파장 투과 필터(short pass filter)를 거친 레이저 광을 상기 스캐너로 전달하는 제 1 다파장 필터(dichroic mirror);

상기 망막으로부터 상기 스캐너와 상기 제 1 다파장 필터를 거친 광을 다중 모드 광섬유계로 반사시키는 미러;

상기 다중 모드 광섬유계를 거친 광을 파장별로 분리하는 제 2 다파장 필터와 제 3 다파장 필터;

상기 제 2 다파장 필터와 상기 제 3 다파장 필터에서 분리된 각각의 광을 순차적으로 처리하는 적어도 하나의 광검출기(photo-multiplier tube), 적어도 하나의 증폭기 및 적어도 하나의 저주파 통과 필터; 및

상기 저주파 통과 필터를 거친 광을 수신하여 샘플링하고 디지털 신호로 변환하여 상기 제어부로 전달하는 변환기(Digitizer);

를 포함하는 망막 진단 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 싱크 보드부는 상기 변환기로부터 레이저 클럭(laser clock)을 지속적으로 수신하면서 상기 스캐너 제어부로부터 픽셀 싱크(pixel sync)를 수신하고, 상기 픽셀 싱크의 상승 에지(rising edges)를 감지하여 상기 스캐너의 픽셀 이동을 감지하며, 상기 감지된 픽셀 이동의 설정된 횟수만큼 레이저 발진 신호(laser sync)를 상기 레이저로 보내는 것을 특징으로 하는 망막 진단 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제어부는 상기 변환기로부터 수신한 정보를 이용한 위상자(Phasor) 분석으로 상기 망막 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 망막 진단 시스템.

청구항 4

(A) 제어부가 스캐너 제어부와 싱크 보드부를 제어하여 피검자의 망막에 레이저 광을 조사하는 단계;

(B) 상기 제어부는 상기 망막으로부터 나온 광을 파장별로 분리하여 검출하는 단계;

(C) 상기 제어부는 변환기로부터 상기 파장별로 분리된 광을 전기적 신호로 변환한 정보를 수신하는 단계;

(D) 상기 제어부는 위상자 분석법으로 상기 전기적 신호로 변환한 정보를 분석하는 단계; 및

(E) 상기 제어부는 상기 망막의 조직에 대해 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단하는 단계;를 포함하며,

상기 (A)단계는 상기 제어부가 상기 싱크 보드부를 통해 레이저의 레이저 광을 발진하고, 상기 스캐너 제어부를 제어하여 단일 모드 광섬유계, 단파장 투과 필터 및 제 1 다파장 필터를 거친 상기 레이저 광을 스캐너를 통해 1픽셀씩 이동하면서 상기 피검자의 망막에 조사하는 것을 특징으로 하는 망막 진단방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 (B)단계는

(B-1) 상기 망막으로부터 나온 광을 제 1 다파장 필터, 미러, 다중 모드 광섬유계를 거쳐 제 2 다파장 필터와 제 3 다파장 필터에서 파장별로 분리하는 단계;

(B-2) 상기 제 2 다파장 필터는 상기 다중 모드 광섬유계를 거친 광에서 산란된 여기광을 분리하여 제 1 광검출기로 전달하고, 상기 제 3 다파장 필터는 상기 제 2 다파장 필터를 거친 광을 단파장 광과 장파장 광으로 분리하여, 상기 단파장 광을 제 2 광검출기로 전달하며, 상기 장파장 광을 제 3 광검출기로 전달하는 단계; 및

(B-3) 상기 산란된 여기광은 상기 제 1 광검출기에서 제 1 증폭기 및 제 1 저주파 통과 필터를 거쳐 처리되어 상기 변환기로 전달되고, 상기 단파장 광은 상기 제 2 광검출기에서 제 2 증폭기 및 제 2 저주파 통과 필터를 거쳐 처리되어 상기 변환기로 전달되며, 상기 장파장 광은 상기 제 3 광검출기에서 제 3 증폭기 및 제 3 저주파 통과 필터를 거쳐 처리되어 상기 변환기로 전달되는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 진단방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 (E)단계는 상기 제어부가 상기 (D)단계에서 분석한 위상자(Z)의 실수부와 허수부로 나타난 위상자 분포 이 미지에서 정상 조직 영역과 비정상 조직 영역으로 구분하여 판단하는 것을 특징으로 하는 망막 진단방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 망막 진단 시스템 및 이를 이용한 망막 진단방법에 관한 것으로, 특히 망막의 자가형광을 측정하고 분석하여 망막조직의 생화학적 변화를 감지하여 진단하는 망막 진단 시스템 및 이를 이용한 망막 진단방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래에 형광 안저혈관조영이란 안구 뒷부분에 위치하여 빛을 감각하는 조직인 망막을 안저 카메라를 이용하여 조영제를 주입 후 안저를 연속으로 촬영하는 방법으로, 플루오레세인을 팔에 정맥주사하고 이 조영제가 몸의 전체를 순환하여 망막혈관에 나타나게 되면 청색 여기 광선을 이용한 형광 안저카메라로 눈 속을 연속적으로 촬영하게 된다.

[0003] 이때, 비정상적 혈관이 있는 경우, 조영제가 망막 주변공간으로 누출되거나 주변 조직들에 착색이 되어 나타나게 되며, 망막의 손상이 있거나 비정상적인 신생혈관의 출현 등을 찾아낼 수 있다.

[0004] 그러나, 이러한 형광물질을 주입하여 진단하는 방법은 동맥으로 전파되는 조영제의 이동을 실시간으로 확인할 수 없어, 혈류속도의 정확한 계산이나 동맥기(arterial phase)의 정확한 시작지점을 알기 어렵고, 온/오프 응답시간이 매우 길어 고속의 형광 안저 혈관조영을 시행할 수 없다.

[0005] 이에 따라, 종래에 형광물질의 주입없이 망막의 자가형광(AutoFluorescence)을 이용하여 형광수명 이미지를 얻어 망막 조직의 생화학적 상태를 측정하는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 다른 망막 진단장비와 달리, 자가형광 측정을 이용하면 망막 조직의 구조적 변화가 일어나기 전의 생화학적 변화를 감지하여 더욱 조기에 망막 질환을 진단하는 것이 가능하다.

[0006] 이러한 연구결과들을 바탕으로 TCSPC(Time Correlated Single Photon Counting) 측정방법을 이용한 FLIO(Fluorescence Lifetime Ophthalmoscopy; 형광수명 안저현미경) 연구가 활발히 진행 중이다.

[0007] 하지만, 기존의 TCSPC 방법은 형광 광자의 수집 속도에 제한이 있으므로, 측정시간이 수 분에 달해 일반 환자에

게 사용하는 데는 다소 어려움이 따른다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 특허문헌 : 등록특허공보 제 10-1145452호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기 문제점을 해소하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 망막의 자가형광을 측정하고 분석하여 망막조직의 생화학적 변화를 감지하여 진단하는 망막 진단 시스템을 제공하는 데 있다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 망막의 자가형광을 측정하고 분석하여 망막조직의 생화학적 변화를 감지하여 진단하는 망막 진단방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 망막 진단 시스템은 제어부; 상기 제어부에 연결되고, 상기 제어부의 제어정보에 따라 망막에 대한 스캐너의 동작을 제어하는 스캐너 제어부; 상기 스캐너 제어부에 연결되고, 연결된 레이저의 광을 단일 모드 광섬유계로 조사하는 싱크 보드부; 상기 단일 모드 광섬유계에서 단파장 투과 필터(short pass filter)를 거친 레이저 광을 상기 스캐너로 전달하는 제 1 다파장 필터(dichroic mirror); 상기 망막으로부터 상기 스캐너와 상기 제 1 다파장 필터를 거친 광을 다중 모드 광섬유계로 반사시키는 미러; 상기 다중 모드 광섬유계를 거친 광을 파장별로 분리하는 제 2 다파장 필터와 제 3 다파장 필터; 상기 제 2 다파장 필터와 상기 제 3 다파장 필터에서 분리된 각각의 광을 순차적으로 처리하는 적어도 하나의 광검출기(photo-multiplier tube), 적어도 하나의 증폭기 및 적어도 하나의 저주파 통과 필터; 및 상기 저주파 통과 필터를 거친 광을 수신하여 샘플링하고 디지털 신호로 변환하여 상기 제어부로 전달하는 변환기(Digitizer);를 포함한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 망막 진단 시스템에서 상기 싱크 보드부는 상기 변환기로부터 레이저 클럭(laser clock)을 지속적으로 수신하면서 상기 스캐너 제어부로부터 픽셀 싱크(pixel sync)를 수신하고, 상기 픽셀 싱크의 상승 에지(rising edges)를 감지하여 상기 스캐너의 픽셀 이동을 감지하며, 상기 감지된 픽셀 이동의 설정된 횟수만큼 레이저 발진 신호(laser sync)를 상기 레이저로 보내는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 망막 진단 시스템에서 상기 제어부는 상기 변환기로부터 수신한 정보를 이용한 위상자(Phasor) 분석으로 상기 망막 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또는, 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법은 (A) 제어부가 스캐너 제어부와 싱크 보드부를 제어하여 피검자의 망막에 레이저 광을 조사하는 단계; (B) 상기 제어부는 상기 망막으로부터 나온 광을 파장별로 분리하여 검출하는 단계; (C) 상기 제어부는 변환기로부터 상기 파장별로 분리된 광을 전기적 신호로 변환한 정보를 수신하는 단계; (D) 상기 제어부는 위상자 분석법으로 상기 전기적 신호로 변환한 정보를 분석하는 단계; 및 (E) 상기 제어부는 상기 망막의 조직에 대해 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단하는 단계;를 포함한다.

[0015] 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법에서 상기 (A)단계는 상기 제어부가 상기 싱크 보드부를 통해 레이저의 레이저 광을 발진하고, 상기 스캐너 제어부를 제어하여 단일 모드 광섬유계, 단파장 투과 필터 및 제 1 다파장 필터를 거친 상기 레이저 광을 스캐너를 통해 1픽셀씩 이동하면서 상기 피검자의 망막에 조사하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법에서 상기 (B)단계는 (B-1) 상기 망막으로부터 나온 광을 제 1 다파장 필터, 미러, 다중 모드 광섬유계를 거쳐 제 2 다파장 필터와 제 3 다파장 필터에서 파장별로 분리하는 단계; (B-2) 상기 제 2 다파장 필터는 상기 다중 모드 광섬유계를 거친 광에서 산란된 여기광을 분리하여 제 1 광검출기로 전달하고, 상기 제 3 다파장 필터는 상기 제 2 다파장 필터를 거친 광을 단파장 광과 장파장 광으로 분리하여, 상기 단파장 광을 제 2 광검출기로 전달하며, 상기 장파장 광을 제 3 광검출기로 전달하는 단계; 및 (B-3) 상기 산란된 여기광은 상기 제 1 광검출기에서 제 1 증폭기 및 제 1 저주파 통과 필터를 거쳐 처리되어 상기 변환기로 전달되고, 상기 단파장 광은 상기 제 2 광검출기에서 제 2 증폭기 및 제 2 저주파 통과 필터를

거쳐 처리되어 상기 변환기로 전달되며, 상기 장파장 광은 상기 제 3 광검출기에서 제 3 증폭기 및 제 3 저주파 통과 필터를 거쳐 처리되어 상기 변환기로 전달되는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법에서 상기 (E)단계는 상기 제어부가 상기 (D)단계에서 분석한 위상자(Z)의 실수부와 허수부로 나타낸 위상자 분포 이미지에서 정상 조직 영역과 비정상 조직 영역으로 구분하여 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0020] 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 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일실시예에 따른 망막 진단 시스템은 동기화된 상태에서 제어부가 변환기로부터 수신한 정보를 이용하여 망막의 자가형광을 측정하고, 위상자 분석으로 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 용이하게 판단할 수 있는 효과가 있다.

[0022] 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법은 망막의 자가형광을 측정하고, 위상자 분석으로 망막 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 용이하게 판단하여 사용자에게 알릴 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 망막 진단 시스템의 구성도.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 망막 진단 시스템에서 동기화 과정을 설명하기 위한 파형도.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법을 설명하기 위한 순서도.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법으로 나타난 위상자 예시도.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법에 따라 나타난 진단 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 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 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 망막 진단 시스템의 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 망막 진단 시스템에서 동기화 과정을 설명하기 위한 파형도이다.

[0026] 본 발명의 일실시예에 따른 망막 진단 시스템은 망막의 자가형광을 측정하여 분석진단하기 위한 시스템으로, 전체 망막 진단 시스템을 제어하는 제어부(101), 제어부(101)의 제어정보에 따라 망막(10)에 대한 스캐너(103)의 동작을 제어하는 스캐너 제어부(102), 스캐너 제어부(102)의 제어정보에 따라 레이저(105)의 광을 단일 모드 광섬유계(108)로 조사하는 싱크 보드부(104), 단일 모드 광섬유계(108)에서 단파장 투과 필터(short pass filter: 107)를 거친 레이저 광을 스캐너(103)로 전달하는 제 1 다파장 필터(dichroic mirror: 106), 망막(10)으로부터 스캐너(103)와 제 1 다파장 필터(106)를 거친 광을 다중 모드 광섬유계(112)로 반사시키는 미러(111), 다중 모드 광섬유계(112)를 거친 광을 파장별로 분리하는 제 2 다파장 필터(113)와 제 3 다파장 필터(114), 제 2 다파장 필터(113)와 제 3 다파장 필터(114)에서 분리된 각각의 광을 순차적으로 처리하는 광검출기(photo-multiplier tube: 115, 125, 135), 증폭기(116, 126, 136) 및 저주파 통과 필터(117, 127, 137), 저주파 통과 필터(117, 127, 137)를 거친 광을 수신하여 샘플링하고 디지털 신호로 변환하여 제어부(101)로 전달하는 변환기(Digitizer: 140) 등을 포함한다.

- [0027] 싱크 보드부(104)는 변환기(140)로부터 레이저 클럭(laser clock)을 지속적으로 수신하면서 스캐너 제어부(102)로부터 픽셀 싱크(pixel sync)를 수신하고, 픽셀 싱크의 상승 에지(rising edges)를 감지하여 스캐너(103)의 픽셀 이동을 감지하며, 이렇게 감지된 픽셀 이동의 설정된 횟수만큼 레이저 발진 신호(laser sync)를 레이저(105)로 보낸다. 이때, 싱크 보드부(104)는 레이저 발진 신호(laser sync)를 동시에 변환기(140)로 전달한다.
- [0028] 단파장 투과 필터(107)는 단일 모드 광섬유계(108)를 거친 레이저 광에서 나오는 미약한 자발 방출(spontaneous emission)을 제거하기 위해 장착된다.
- [0029] 제 2 다파장 필터(113)는 다중 모드 광섬유계(112)를 거친 광에서 산란된 여기광을 분리하여 제 1 광검출기(115)로 전달하고, 제 3 다파장 필터(114)는 제 2 다파장 필터(113)를 거친 광을 단파장 광과 장파장 광으로 분리하여, 단파장 광을 제 2 광검출기(125)로 전달하며, 장파장 광을 제 3 광검출기(135)로 전달한다.
- [0030] 제어부(101)는 망막 진단 시스템의 전반적인 동작을 제어하고, 특히 변환기(140)로부터 수신한 정보를 이용한 위상자(Phasor) 분석으로 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단하여 사용자에게 알릴 수 있다.
- [0031] 이러한 망막 진단 시스템에서 망막(10)에 입사한 레이저 광의 일부는 망막(10)의 조직에 흡수되고, 일부는 망막(10)의 표면에서 산란된다. 즉, 망막(10)의 조직에 흡수된 레이저 광의 일부는 망막(10)이 갖고 있는 형광물질에 흡수되고, 이런 형광물질은 수 나노초 이내에 형광을 방출한다.
- [0032] 이렇게 산란된 광과 방출된 형광의 형광수명은 수 나노초 정도이기 때문에, 망막 진단 시스템의 구성 사이에는 정확한 동기화가 필수적이다.
- [0033] 망막 진단 시스템의 동기화를 위해, 스캐너(103)가 1 픽셀씩 움직일 때마다, 스캐너 제어부(102)는 스캐너(103)의 움직임과 동기화된 TTL(Transistor Transistor Logic) 신호를 생성한다.
- [0034] 이 TTL 신호는 도 2에 도시된 바와 같이 스캐너(103)의 픽셀 움직임과 동기화된 픽셀 동기화(pixel synchronization) 신호(이하, pixel sync 라 함)라고 할 수 있다. 스캐너 제어부(102)는 pixel sync를 싱크 보드부(104)로 보낸다.
- [0035] 이때, 싱크 보드부(104)는 pixel sync의 상승 에지(rising edges)를 감지하여 스캐너(103)의 픽셀 이동이 언제 일어나는지를 검출할 수 있다. 즉 도 2의 I 로 표시된 픽셀 이동이 일어나면, 싱크 보드부(104)는 도 2에 도시된 바와 같이 설정된 횟수만큼 레이저 발진 신호(이하 laser sync 라 함)를 레이저(105)로 보낸다. 예를 들어, 한 픽셀 동안 2번의 펄스를 측정하기로 하였다면(averaging 2), 싱크 보드부(104)는 한 픽셀 이동이 일어난 후 두 번의 laser sync를 레이저(105)로 보낸 후 다음 픽셀 이동이 일어날 때까지 기다린다.
- [0036] 여기서, 싱크 보드부(104)에서 나오는 laser sync는 변환기(140)에서 상시 나오고 있는 레이저 클럭(laser clock)과 동기화되어 있는 상태이고, 레이저(105)는 laser sync 신호에 맞추어 레이저 광을 발진한다.
- [0037] 이와 같이 구성된 망막 진단 시스템은 동기화된 상태에서 제어부(101)가 변환기(140)로부터 수신한 정보를 이용하여 망막의 자가형광을 측정하고, 위상자 분석으로 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 용이하게 판단할 수 있다.
- [0039] 이하, 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법에 대해 도면을 참조하여 설명한다. 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법을 설명하기 위한 순서도이고, 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법으로 나타난 위상자 예시도이며, 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법에 따라 나타난 진단 예시도이다.
- [0040] 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법은 도 1에 도시된 망막 진단 시스템을 이용하여 먼저 제어부(101)가 피검자의 망막(10)에 레이저 광을 조사한다(S310).
- [0041] 즉, 제어부(101)가 싱크 보드부(104)를 통해 레이저(105)의 레이저 광을 발진하고, 스캐너 제어부(102)를 제어하여 단일 모드 광섬유계(108), 단파장 투과 필터(107) 및 제 1 다파장 필터(106)를 거친 레이저 광을 스캐너(103)를 통해 1픽셀씩 이동하면서 피검자의 망막(10)에 조사할 수 있다.
- [0042] 이후, 제어부(101)는 망막(10)으로부터 나온 광을 파장별로 분리하여 검출한다(S320).
- [0043] 구체적으로, 망막(10)의 조직에 흡수된 레이저 광의 일부는 망막(10)이 갖고 있는 형광물질에 흡수되고, 이런 형광물질은 수 나노초 이내에 형광을 방출한다.
- [0044] 이렇게 방출된 광은 제 1 다파장 필터(106), 미러(111), 다중 모드 광섬유계(112)를 거쳐 제 2 다파장 필터

(113)와 제 3 다파장 필터(114)에서 파장별로 분리된다.

- [0045] 제 2 다파장 필터(113)는 다중 모드 광섬유계(112)를 거친 광에서 산란된 여기광을 분리하여 제 1 광검출기(115)로 전달하고, 제 3 다파장 필터(114)는 제 2 다파장 필터(113)를 거친 광을 단파장 광과 장파장 광으로 분리하여, 단파장 광을 제 2 광검출기(125)로 전달하며, 장파장 광을 제 3 광검출기(135)로 전달할 수 있다.
- [0046] 이어서, 산란된 여기광은 예컨대 500nm 보다 작은 파장의 광으로 제 1 광검출기(115)에서 제 1 증폭기(116) 및 제 1 저주파 통과 필터(117)를 거쳐 처리되어 변환기(140)로 전달되고, 단파장 광은 예컨대 500nm ~ 560nm 파장의 광으로 제 2 광검출기(125)에서 제 2 증폭기(126) 및 제 2 저주파 통과 필터(127)를 거쳐 처리되어 변환기(140)로 전달되며, 장파장 광은 예컨대 560nm 보다 긴 파장의 광으로 제 3 광검출기(135)에서 제 3 증폭기(136) 및 제 3 저주파 통과 필터(137)를 거쳐 처리되어 변환기(140)로 전달될 수 있다.
- [0047] 이렇게 산란된 여기광, 단파장 광 및 장파장 광을 수신한 후, 제어부(101)는 변환기(140)로부터 산란된 여기광, 단파장 광 및 장파장 광을 전기적 신호로 변환한 정보를 수신한다(S330).
- [0048] 즉, 변환기(140)는 수신한 산란된 여기광, 단파장 광 및 장파장 광을 샘플링하고 디지털 신호로 변환하여 제어부(101)로 전달할 수 있다.
- [0049] 이렇게 수신한 정보를 이용하여 제어부(101)는 위상자 분석법으로 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 분석한다(S340).
- [0050] 구체적으로, 위상자 분석법은 예를 들어 복소수를 이용한 위상자 분석 또는 행렬 연산을 이용한 위상자 분석 등을 적용할 수 있고, 여기서는 복소수를 이용한 위상자 분석을 적용한다.
- [0051] 형광신호와 산란신호의 위상자는 아래의 [수학식 1] 같이 계산된다.

수학식 1

$$z_F = \frac{\int_0^T e^{iwt} F(t) dt}{\int_0^T F(t) dt}, \quad z_I = \frac{\int_0^T e^{iwt} I(t) dt}{\int_0^T I(t) dt}$$

- [0052]
- [0053] 이때 T는 신호의 전체 길이, w는 변조 주파수, t는 시간, F(t)는 시간에 따른 형광신호, I(t)는 시간에 따른 산란신호이다. z_F 와 z_I 는 각각 형광과 산란신호의 위상자이다.
- [0054] 변조 주파수(w)는 아래의 [수학식 2]를 만족하는 값 중에서 사용자에게 의해 임의로 설정될 수 있다.


수학식 2

$$w = \frac{2\pi}{T} n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

- [0055]
- [0056] 형광신호는 산란신호와 망막의 자가형광신호가 중첩(convolution)된 신호이기 때문에, F(t)는 아래의 [수학식 3]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$F(t) = \sum_{i=1}^n c_i \frac{e^{-t/\tau_i}}{\tau_i} \otimes I(t) \quad \left(\sum_{i=1}^n c_i = 1 \right)$$

- [0057]
- [0058] 이때, n는 형광수명의 개수이고, τ 는 형광수명이며, c는 각 형광수명의 상대적 세기를 나타내며, 는

convolution 연산자를 나타낸다.

[0059] 따라서, 형광신호의 위상자(Z_F)는 아래의 [수학식 4]와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$z_F = \frac{\int_0^T e^{i\omega t} F(t) dt}{\int_0^T F(t) dt} = \frac{\int_0^T e^{i\omega t} \left[\sum_{i=1}^n c_i \frac{e^{-t/\tau_i}}{\tau_i} \otimes I(t) \right] dt}{\int_0^T \left[\sum_{i=1}^n c_i \frac{e^{-t/\tau_i}}{\tau_i} \otimes I(t) \right] dt}$$

[0060]

[0061] 위상자 계산은 푸리에 변환의 일종이므로, convolution theory에 의하여 형광신호의 위상자(Z_F)는 아래의 [수학식 5]와 같이 계산된다.

수학식 5

$$z_F = \frac{\int_0^T e^{i\omega t} \left[\sum_{i=1}^n c_i \frac{e^{-t/\tau_i}}{\tau_i} \right] dt}{\int_0^T \left[\sum_{i=1}^n c_i \frac{e^{-t/\tau_i}}{\tau_i} \right] dt} \times \frac{\int_0^T e^{i\omega t} I(t) dt}{\int_0^T I(t) dt} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{1 - w\tau_i} \right] \times z_I$$

[0062]

[0063] 따라서, 형광신호의 위상자(Z_F)를 산란신호의 위상자(Z_I)로 나누어 형광수명의 위상자(Z)를 아래의 [수학식 6]과 같이 구할 수 있다.

수학식 6

$$z = \frac{z_F}{z_I} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{1 - w\tau_i}$$

[0064]

[0065] 이때, 위상자(Z)의 실수부를 g , 허수부를 s 라고 하면, 모든 위상자(Z)는 도 4에 도시된 바와 같이 2차원 평면으로 도시할 수 있다.

[0066] 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 분석한 후, 제어부(101)는 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 판단한다(S350).

[0067] 즉, 제어부(101)는 도 4에 도시된 검출된 위상자(Z)를 도 5에 도시된 바와 같이 모두 위상자 분포 이미지로 도시할 수 있다.

[0068] 이러한 위상자 분포 이미지에서 제어부(101)는 정상 조직 영역(A)과 비정상 조직 영역(B)으로 구분하여 해당 망막(10) 조직의 위상자 분포가 정상 조직 영역(A)에서 검출된다면, 제어부(101)는 해당 망막(10) 조직이 정상 상태를 사용자에게 디스플레이하여 알린다(S352).

[0069] 반면에, 해당 망막(10) 조직의 위상자 분포가 비정상 조직 영역(B)에서 검출된다면, 제어부(101)는 해당 망막(10) 조직이 비정상 상태를 사용자에게 디스플레이하여 알린다(S354).

[0070] 이때, 제어부(101)는 비정상 조직 영역(B)의 분포와 형태에 따라 구체적인 망막 병증을 검출할 수도 있다.

[0071] 이와 같은 과정의 본 발명의 다른 실시예에 따른 망막 진단방법은 망막의 자가형광을 측정하고, 위상자 분석으로 망막(10) 조직의 정상 상태와 비정상 상태 여부를 용이하게 판단하여 사용자에게 알릴 수 있다.

[0073] 본 발명의 기술사상은 상기 바람직한 실시예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 전술한 실시예들은 그 설명을 위

한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다.

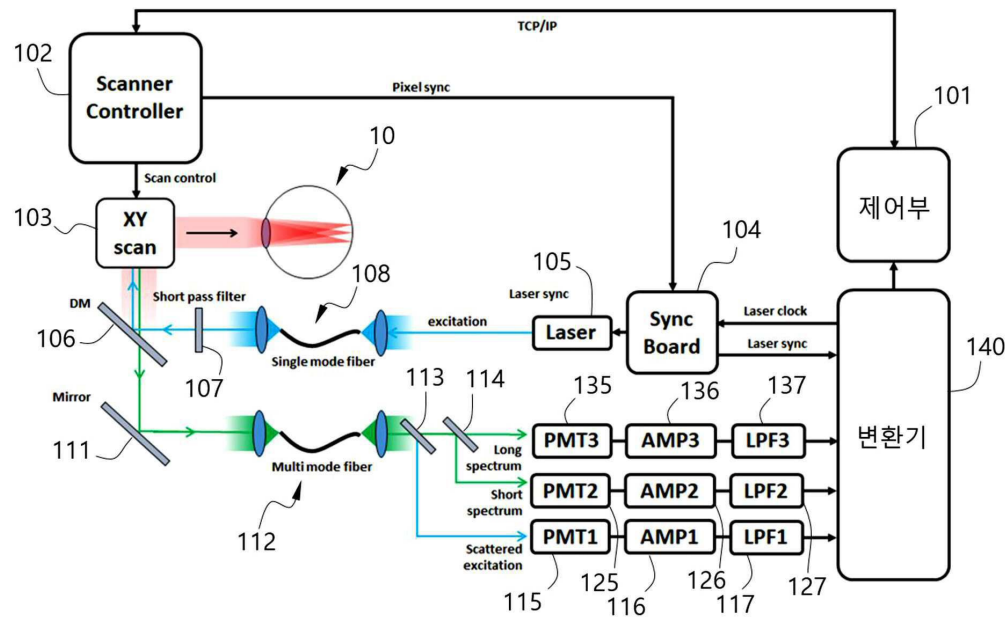
[0074] 또한, 본 발명의 기술분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 다양한 실시가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

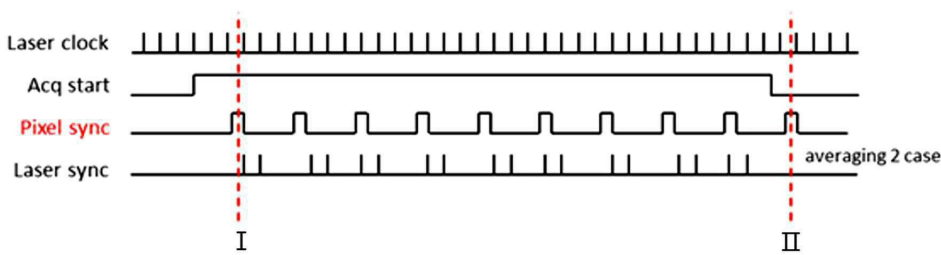
[0075]	101: 제어부	102: 스캐너 제어부
	103: 스캐너	104: 싱크 보드부
	105: 레이저	106: 제 1 다과장 필터
	107: 단과장 투과 필터	108: 단일 모드 광섬유계
	111: 미러	112: 다중 모드 광섬유계
	113: 제 2 다과장 필터	114: 제 3 다과장 필터
	115: 제 1 광검출기	116: 제 1 증폭기
	117: 제 1 저주파 통과 필터	125: 제 2 광검출기
	126: 제 2 증폭기	127: 제 2 저주파 통과 필터
	135: 제 3 광검출기	136: 제 3 증폭기
	137: 제 3 저주파 통과 필터	140: 변환기

도면

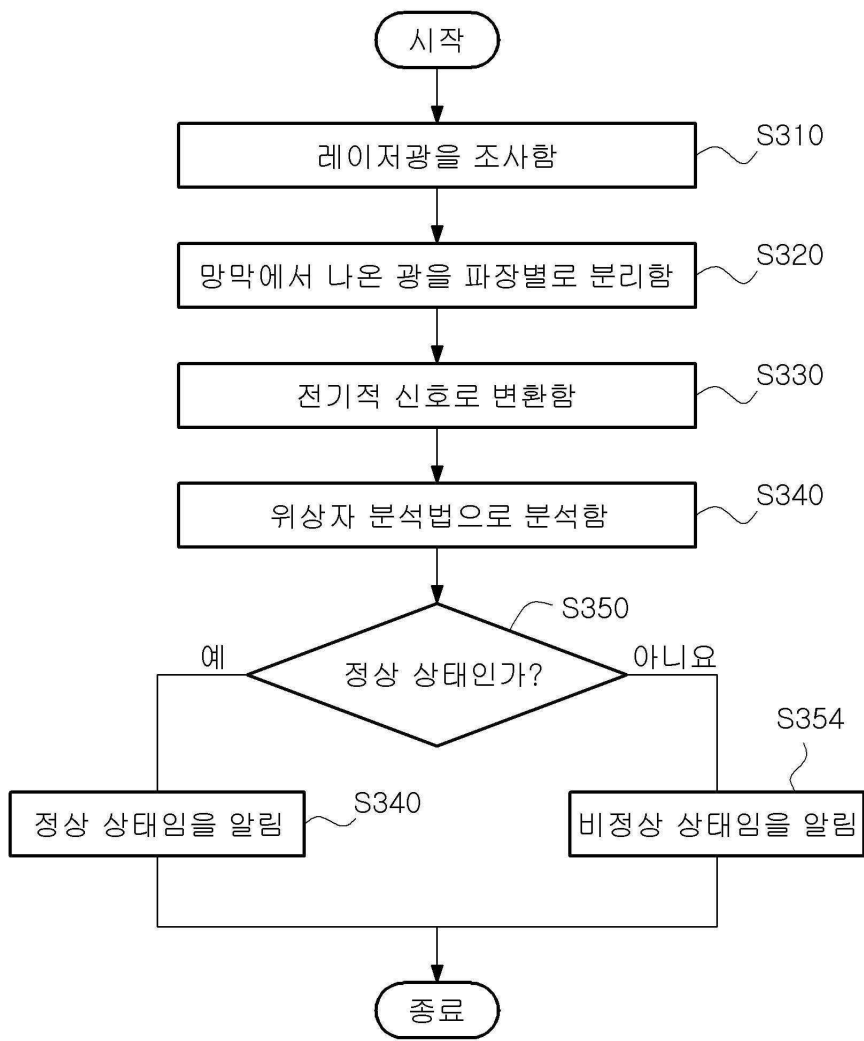
도면1



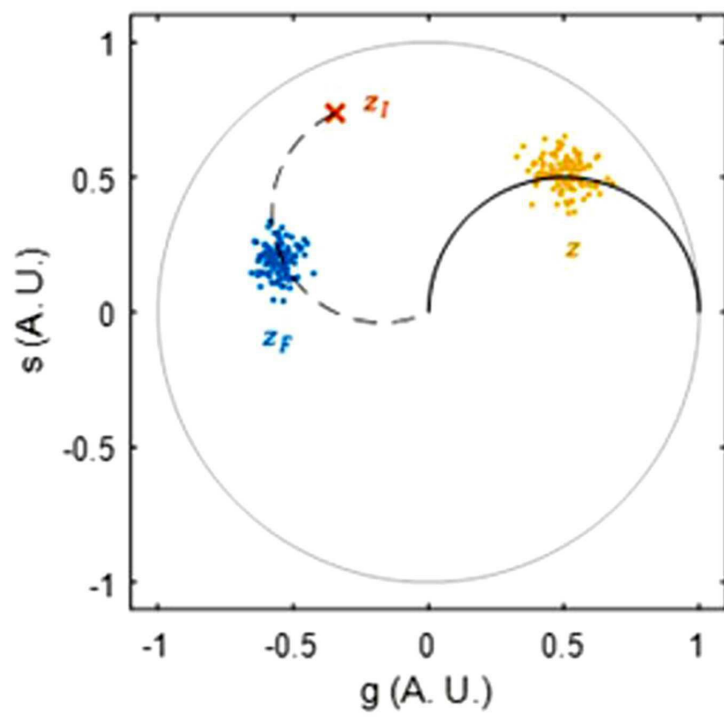
도면2



도면3



도면4



도면5

