



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0081565
(43) 공개일자 2008년09월10일

(51) Int. Cl.

A61B 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0021729

(22) 출원일자 2007년03월06일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

김법민

강원 원주시 관부면 서곡리 포스코 아파트
103-804

이상원

강원 원주시 관부면 서곡리 거장 2차 아파트
105-210

(74) 대리인

민혜정

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템

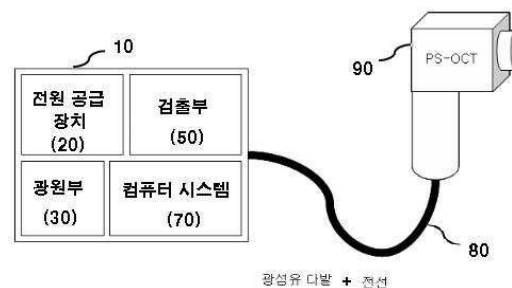
(57) 요약

본 발명은 피부검사를 위한 휴대용 피부 검사 편광 민감 광 간섭 영상 시스템에 관한 것이다.

본 발명은 피부에 접촉하여 영상신호를 획득하는 프로브, 상기 프로브로부터 영상신호를 전송로를 통해 수신하여 분석하는 본체로 이루어진 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템에 있어서, 상기 본체는, 저 결맞음 광원으로 이루어지며, 상기 저 결맞음 광원을 상기 프로브로 전달하게 하는 광원부; 광 검출기들로 이루어지며, 상기 프로브로부터 획득된 영상신호를 수신하는 검출부; 상기 검출부로부터의 출력신호를 디지털신호로 변환하여 수신하여, 연산처리하여 피부 표피층의 굴절 및 피부 진피층 복굴절을 측정하는 컴퓨터 시스템; 상기 광원부, 상기 검출부, 상기 컴퓨터 시스템에 전원을 공급하는 전원공급장치;로 이루어지며, 상기 프로브는 편광감도 광간섭 결맞음 단층촬영기(PS-OCT)를 이루는 광학시스템으로 이루어진다.

상기 프로브는, 상기 광원부에서 나온 하나의 빛을 수평 방향으로 편광된 빛만으로 만들어 내는 선형편광기(LP); 상기 선형편광기에서 출력된 순수하게 수평 편광된 빛을 한쪽 경로로는 레퍼런스 암(reference arm)으로, 다른 한쪽 경로로는 샘플 암(sample arm)으로 진행하게 하는 광분배기(BS); 상기 선형편광기에서 상기 레퍼런스 암으로 흐른 빛을 기준거울로 전달하게 하며, 상기 기준 거울에서 반사된 빛을 상기 광분배기로 돌아가게 하는 제1의 1/4 파장판(QWP); 상기 선형편광기에서 상기 샘플 암으로 흐르는 빛을 갈바노미터에 설치된 거울로 전달되게 하며, 샘플 조직에서 반사되거나 역산란되어 상기 갈바노미터에 설치된 거울에 의해 반사된 빛을 상기 광분배기로 돌아오게 하는 제2의 1/4 파장판(QWP); 상기 제2의 1/4 파장판(QWP)로부터 상기 갈바노미터로 전달되어 상기 갈바노미터에 설치된 거울에 의해 반사된 빛을 집속하여 샘플 조직에 입사하게 하며, 상기 샘플 조직에서 반사되거나 역산란된 빛을 다시 갈바노미터에 설치된 거울로 전달하는 대물렌즈; 상기 레퍼런스 암과 상기 샘플 암에서 각각 되돌아와서 광분배기에서 모이게 된 빛에서 발생된 간섭신호는 수평성분의 빛과 수직성분의 빛으로 나뉘게 되는 편광 광분배기(PBS); 상기 편광 광분배기로 출사된 수평성분 빛과 상기 수직성분의 빛을 전송로의 광섬유로 전달하는 비구면렌즈;로 이루어진다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

피부에 접촉하여 영상신호를 획득하는 프로브, 상기 프로브로부터 영상신호를 전송로를 통해 수신하여 분석하는 본체로 이루어진 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템에 있어서,

상기 본체는

저 결맞음 광원으로 이루어지며, 상기 저 결맞음 광원을 상기 프로브로 전달하게 하는 광원부;

광 검출기들로 이루어지며, 상기 프로브로부터 획득된 영상신호를 수신하는 검출부;

상기 검출부로 부터의 출력신호를 디지털신호로 변환하여 수신하여, 연산처리하여 피부 표피층의 굴절 및 피부 진피층 복굴절을 측정하는 컴퓨터 시스템;

상기 광원부, 상기 검출부, 상기 컴퓨터 시스템에 전원을 공급하는 전원공급장치;로 이루어지며,

상기 프로브는 편광감도 광간섭 결맞음 단층촬영기(PS-OCT)를 이루는 광학시스템으로 이루어진 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로브는

상기 광원부에서 나온 하나의 빛을 수평 방향으로 편광된 빛만으로 만들어 내는 선형편광기(LP);

상기 선형편광기에서 출력된 순수하게 수평 편광된 빛을 한쪽 경로로는 레퍼런스 암(reference arm)으로, 다른 한쪽 경로로는 샘플 암(sample arm)으로 진행하게 하는 광분배기(BS);

상기 선형편광기에서 상기 레퍼런스 암으로 흐른 빛을 기준거울로 전달하게 하며, 상기 기준 거울에서 반사된 빛을 상기 광분배기로 돌아가게 하는 제1의 1/4 파장판(QWP);

상기 선형편광기에서 상기 샘플 암으로 흐르는 빛을 갈바노미터에 설치된 거울로 전달되게 하며, 샘플 조직에서 반사되거나 역산란되어 상기 갈바노미터에 설치된 거울에 의해 반사된 빛을 상기 광분배기로 돌아오게 하는 제2의 1/4 파장판(QWP);

상기 제2의 1/4 파장판(QWP)로부터 상기 갈바노미터로 전달되어 상기 갈바노미터에 설치된 거울에 의해 반사된 빛을 집속하여 샘플 조직에 입사하게 하며, 상기 샘플 조직에서 반사되거나 역산란된 빛을 다시 갈바노미터에 설치된 거울로 전달하는 대물렌즈;

상기 레퍼런스 암과 상기 샘플 암에서 각각 되돌아와서 광분배기에서 모이게 된 빛에서 발생된 간섭신호는 수평성분의 빛과 수직성분의 빛으로 나뉘게 되는 편광 광분배기(PBS);

상기 편광 광분배기로 출사된 수평성분 빛과 상기 수직성분의 빛을 전송로의 광섬유로 전달하는 비구면렌즈;로 이루어진 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 비구면렌즈로부터 전송로의 광섬유를 거친 빛은 상기 본체의 검출부로 입사되는 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 4

피부에 접촉하여 영상신호를 획득하는 프로브, 상기 프로브로부터 영상신호를 전송로를 통해 수신하여 분석하는 본체로 이루어진 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템에 있어서,

상기 본체는

저 결맞음 광원으로 이루어지며, 상기 저 결맞음 광원을 상기 프로브로 전달하게 하는 광원부;

상기 프로브로부터의 출력신호를 디지털신호로 변환하여 수신하여, 연산처리하여 피부 표피층의 굴절 및 피부 진피층 복굴절을 측정하는 컴퓨터 시스템;

상기 광원부, 상기 컴퓨터 시스템, 상기 프로브에 전원을 공급하는 전원공급장치;로 이루어지며,

상기 프로브는 편광감도 광간섭 결맞음 단층촬영기(PS-OCT)를 이루는 광학시스템으로 이루어진 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프로브는

상기 광원부에서 나온 하나의 빛을 수평 방향으로 편광된 빛만으로 만들어 내는 선형편광기(LP);

상기 선형편광기에서 출력된 순수하게 수평 편광된 빛을 한쪽 경로로는 레퍼런스 암(reference arm)으로, 다른 한쪽 경로로는 샘플 암(sample arm)으로 진행하게 하는 광분배기(BS);

상기 선형편광기에서 상기 레퍼런스 암으로 흐른 빛을 기준거울로 전달하게 하며, 상기 기준 거울에서 반사된 빛을 상기 광분배기로 돌아가게 하는 제1의 1/4 파장판(QWP);

상기 선형편광기에서 상기 샘플 암으로 흐르는 빛을 갈바노미터에 설치된 거울로 전달되게 하며, 샘플 조직에서 반사되거나 역산란되어 상기 갈바노미터에 설치된 거울에 의해 반사된 빛을 상기 광분배기로 돌아오게 하는 제2의 1/4 파장판(QWP);

상기 제2의 1/4 파장판(QWP)로부터 상기 갈바노미터로 전달되어 상기 갈바노미터에 설치된 거울에 의해 반사된 빛을 집속하여 샘플 조직에 입사하게 하며, 상기 샘플 조직에서 반사되거나 역산란된 빛을 다시 갈바노미터에 설치된 거울로 전달하는 대물렌즈;

상기 레퍼런스 암과 상기 샘플 암에서 각각 되돌아와서 광분배기에서 모이게 된 빛에서 발생된 간섭신호는 수평성분의 빛과 수직성분의 빛으로 나뉘게 되는 편광 광분배기(PBS);

상기 편광 광분배기로 출사된 수평성분 빛과 상기 수직성분의 빛으로부터 각각의 전기적 신호로 변환하는 광 검출기들;로 이루어진 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 광 검출기들로부터 전송로의 전선을 거쳐 상기 본체의 컴퓨터 시스템으로 전달되는 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 7

제1항 또는 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광 검출기들은 포토다이오드로 이루어진 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 8

제1항 또는 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템은 피부 표면에서의 굴곡을 측정함으로써 피부 주름 치료 효과에 대한 정량적인 값을 구하는 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 9

제1항 또는 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템은 피부의 진피층에 분포되어 있는 콜라겐 섬유들이 가지고 있는 복굴절을 측정함으로써 광

노화에 따른 콜라겐 섬유들의 변화를 정량적인 값으로 구하는 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 10

제1항 또는 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템은

검출기들로부터의 신호를 디지털신호로 변환하여 수신하며, 수신된 디지털 신호를 수직, 수평 성분에 대해 각각 푸리에 변환을 시켜 크기와 위상 값을 구하며, 푸리에 변환에 의해 얻은 값들로부터 스톡스 변수 값을 구하는 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 11

제2항 또는 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1의 1/4 파장판은 22.5° 의 1/4 파장판인 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 12

제2항 또는 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2의 1/4 파장판은 45° 의 1/4 파장인 것을 특징으로 하는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템.

청구항 13

광 검출기들 디지털신호로 변환되어 입력된 수직성분의 신호 및 수평 성분의 신호에 대해 각각 푸리에 변환을 시켜 크기와 위상 값을 구하는 푸리에 변환단계;

상기 푸리에 변환단계에 의해 구한 값들을 이용하여 스톡스 변수 값을 구하는 스톡스변수 연산단계;

상기 스톡스변수 연산단계의 출력된 스톡스 변수들을 가지고 피부단면 구조영상 및 3-D 영상을 구현하는 영상구현단계;

상기 영상구현단계에서 구현된 영상으로부터, 피부 표피층에서의 굴곡을 측정하는 표피층 굴절측정단계;

상기 영상구현단계에서 구현된 영상으로부터, 피부 진피 층에서의 복굴절을 측정하는 진피층 복굴절측정단계;

상기 표피층 굴절측정단계의 결과로부터 피부 주름의 깊이, 간격을 수치화하며, 이로부터 피부의 주름 치료 효과에 대한 정량적인 값을 구하는 주름 치료 효과에 대한 정량적인 값추출단계;

상기 진피층 복굴절측정단계의 결과로부터 피부의 진피층에 분포되어 있는 콜라겐 섬유들이 가지고 있는 복굴절을 검출함으로써 광노화에 따른 콜라겐 섬유들의 변화를 정량적인 값을 구하는 콜라겐 섬유들의 변화의 정량적인 값추출단계;

를 구비하는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 신호처리방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 표피층 굴절측정단계는

스톡스 변수들 중에서 S_0 이미지가 구하는 S_0 이미지구현단계;

S_0 이미지구현단계로부터 수신된 S_0 의 이미지를 중앙 필터를 통과시켜 영상 노이즈 성분을 줄이는 중앙 필터링 단계;

중앙 필터링 단계의 출력에서 대물렌즈에 의해서 생기는 상면 만곡 현상과 샘플의 기울기에 발생하는 형상 오차를 제거하기 위하여 평면 보정(plane fitting) 연산 과정을 수행하는 평면보정 연산단계;

평면보정 연산단계의 출력에서 피부표면에 해당하는 픽셀의 높이를 추출하며, 픽셀의 높이 값을 가지고 3차원 등고선 지도를 작성하는 픽셀의 높이추출단계;

를 구비하는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 신호처리방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 진피층 복굴절측정단계는

스톡스 변수들 중에서 S_3 이미지를 구하는 S_3 이미지구현단계;

상기 S_3 이미지구현단계의 출력 신호를 아크 코사인 취하는 아크 코사인연산단계;

상기 아크 코사인연산단계의 출력으로부터 기울기를 추출하여(linear fitting) 하나의 라인(x)에 대한 복굴절의 값이 얻어지는 기울기값 추출단계;

이미지의 모든 라인(x)에서 복굴절을 구하고 이를 평균화시키는 평균화단계;

를 구비하는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 신호처리방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <21> 본 발명은 피부검사를 위한 휴대용 피부 검사 편광 민감 광 간섭 영상 시스템에 관한 것이다.
- <22> 광간섭 결맞음 단층촬영기(Optical Coherence Tomography)(이하 OCT라 함)는 인체에 무해한 빛을 이용하여 실시간으로 살아 있는 조직 또는 세포를 고해상도로 촬영하는 장치로서, 생체의 내부를 비접촉, 비침습적으로 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 부드러운 조직간의 차이를 구분 해낼 수 있어 보다 정밀한 영상을 얻을 수 있다.
- <23> OCT 시스템은 넓은 대역의 광원과 마이켈슨 간섭계를 기반으로 구성되어 있으며 현재 광원과 기술의 발달로 인해 안과학, 피부학, 소화기학, 치과학등 응용 범위가 확장되고 있는 기술이다.
- <24> 편광감도 광간섭 결맞음 단층촬영기(Polarization Sensitive-Optical Coherence Tomography)(이하 PS-OCT라 함)는 생체조직의 산란에 의해 발생하는 역산란광의 변화를 깊이별로 획득하여 영상을 구현하는 기본적인 OCT에 생체 조직내에 입사된 빛이 특성에 따라 발생하는 편광 성분의 변화를 추가적으로 감지하는 기술으로, PS-OCT는 마이켈슨 간섭계(Michelson interferometer) 원리를 기본으로 한다. 단지 구조적인 형태의 영상을 구현하는 OCT에 비해서 PS-OCT는 일반적인 광학적인 방법으로 이미징할 때 획득하기 어려운 기능적인 정보들을 제공해 준다.
- <25> 다시 말해, PS-OCT 시스템은 기존의 OCT 시스템에 편광 성분을 측정할 수 있도록 부속품(optic)들을 추가하여 시스템을 구성한 것으로, 일반적으로 레퍼런스 암(Reference arm)과 샘플 암(sample arm) 각각에 1/4 파장판(quarter wave plate)(이하 QWP 라 함)를 두고 빛을 검출(detecting)하는 부분에 편광 광분배기(polarization beam splitter)(이하 PBS 라 함)와 포토다이오드(2개)를 사용하여 편광 성분을 측정한다.
- <26> 종래의 PS-OCT 시스템은 광원, 광학시스템부, 검출시스템부, 컴퓨터시스템 등을 하나의 큰 시스템으로 묶어서 구성하며, 광섬유는 편광에 민감하기 때문에 광원에서 PS-OCT의 광학시스템부까지 빛을 전달해 줄 수는 있으나 광학시스템부들 안에서는 즉, 레퍼런스 암이나 샘플 암에서는 광섬유를 사용하기 어렵다.
- <27> 따라서 일반 OCT 시스템에서 사용하고 있는 방식인 OCT 시스템과 프로브(probe)를 서로 독립시켜 사용하는 방식을 PS-OCT 시스템에 적용하기 어려웠다.
- <28> 특히 휴대용 피부 검사용 영상 시스템은 컴퓨터 시스템과 프로브(probe)를 서로 독립시켜 사용하는 것이 요구된다.
- <29> 따라서 본 발명은 피부의 빠른 영상 획득을 위해 고속 스캐닝 광 지연선(Rapid scanning optical delay line)

을 적용한 PS-OCT를 이용하여, 생체 조직 특성에 따라 달라지는 편광 성분의 변화를 감지할 수 있는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공한다.

<30> 또한 본 발명은 광원과 컴퓨터 시스템을 하나의 시스템으로 이루고, PS-OCT를 이루는 광학시스템과 검출시스템을 프로브 안에 집적시킨 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공하며, 또는 본 발명은 광원, 컴퓨터 시스템, 검출시스템을 하나의 시스템으로 이루고, PS-OCT를 이루는 광학시스템 부분만을 프로브 안에 집적시키는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공한다.

<31> 본 발명에서는 광원에서 나온 빛이 광섬유를 사용하여 프로브까지만 전달되기 때문에 실제 프로브안에 있는 PS-OCT 시스템에서는 편광의 영향을 받지 않는다.

<32> 본 발명은 절개를 하거나 조직을 떼어내지 않고 비침습적으로 영상을 획득할 수 있으며, 피부의 2차원 단면 구조 영상뿐만 아니라 편광 성분 영상을 고해상도를 가지고 실시간으로 획득할 수 있고, 또한 2차원 영상을 실시간을 획득할 수 있기 때문에 빠른 시간에 3차원 영상을 구현할 수 있다.

<33> 본 발명은 프로브(Hand-held probe)에 시스템을 집적시키기 때문에 시스템을 소형화 시킬 수 있으며 휴대용으로 제작 할 수 있으며, 피부 주름에 대한 치료 효과와 피부의 광노화 정도를 정량적으로 객관화 시킬 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<34> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 피부의 빠른 영상 획득을 위해 고속 스캐닝 광 지연선을 적용한 PS-OCT를 이용하여, 생체 조직 특성에 따라 달라지는 편광 성분의 변화를 감지할 수 있는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공하는 데 있다.

<35> 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 광원부와 컴퓨터 시스템을 하나의 시스템으로 이루고, PS-OCT를 이루는 광학시스템과 검출시스템을 프로브 안에 집적시킨 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공하는 데 있다.

<36> 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 광원부, 컴퓨터 시스템, 검출시스템을 하나의 시스템으로 이루고, PS-OCT를 이루는 광학시스템 부분만을 프로브 안에 집적시키는 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공하는 데 있다.

<37> 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 비침습적으로 영상을 획득하며, 피부의 2차원 단면 구조 영상뿐만 아니라 편광 성분 영상을 고해상도를 가지고 실시간으로 획득하며, 또한 2차원 영상을 실시간을 획득하기 때문에 빠른 시간에 3차원 영상을 구현할 수 있으며, 피부 주름에 대한 치료 효과와 피부의 광노화 정도를 정량적으로 객관화 시킬 수 있는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

<38> 이하 본 발명의 일 실시예에 의한 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 구성 및 동작을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

<39> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 PS-OCT를 설명하기 위한 개략도이다.

<40> 저 결맞음 광원(Low coherence source)(110)에서 나온 하나의 빛은 선형편광기(LP)(120)(또는 편광 광분배기(PBS))를 통과하여 수평 방향으로 편광된 빛만을 만들어 낸다.

<41> 순수하게 수평 편광된 빛은 광분배기(Beam splitter, BS)(130)를 통과하면서 한쪽 경로로는 레퍼런스 암(reference arm)으로, 다른 한쪽 경로로는 샘플 암(sample arm)으로 진행하게 된다.

<42> 레퍼런스 암으로 흐른 빛은 수평에 대해 22.5°의 1/4 파장판(QWP)(140)을 통과한다. 22.5°의 1/4 파장판(QWP)(140)을 통과한 빛은 광지연선(Rapid Scanning Optical Delay line, RSOD)(150)에 의해서 광 경로를 만들어 주고 반사되어 다시 22.5°의 1/4 파장판(QWP)(140)를 통과하여 광분배기(BS)(130)로 돌아오게 된다. 이때 광분배기(BS)(130)로 돌아온 빛은 수평성분의 기준에서 45° 선형 편광이 된다.

<43> 광지연선(RSOD)(150)은 회절격자(160), 렌즈(170), 갈바노미터(180)으로 이루어진다. 즉 레퍼런스 암에서 22.5°의 1/4 파장판(QWP)(140)을 지나 회절격자(160)에 입사된 빛은 각 파장대로 분산되어 렌즈(170)를 통해 갈바노미터(180)에 설치된 거울에서 반사되고, 반사된 빛은 다시 렌즈(170)를 통해 회절격자(160)에서 반사되어 거

울까지 이르며, 이 빛은 다시 반사되어 같은 경로로 되돌아가게 된다. 이때 광 스캐너의 움직임에 의해 광 지연이 발생하게 되며, 이는 곧 깊이 방향으로 스캐닝하는 역할을 하게 된다.

- <44> 경우에 따라서 광지연선(RSOD)(150) 대신에 기준 거울(Ref. mirror)만을 사용할 수 있다. 기준 거울(Ref. mirror)만을 사용하는 경우에는 깊이 방향으로의 스캐닝 없이 검출기에서 받은 신호를 푸리에 변환 시킴으로써 깊이 방향의 정보를 얻을 수 있는 주파수 영역의 PS-OCT이다.
- <45> 다른 한쪽의 경로인 샘플 암으로 흐르는 빛은 수평에 대해 45° 의 1/4 파장판(QWP)(210)를 통과하여 대물 렌즈(230)와 같은 광 집속기를 사용하여 샘플(240)에 초점을 맞추게 되며 이때의 빛은 수평성분을 기준으로 우원형 편광 되어 있다. 우원형 편광 성분의 빛은 샘플(240)에서 산란 되거나 역반사 되고 샘플(240)의 광학적 특성에 따라 타원 편광으로 변화를 일으키게 된다. 이렇게 반사된 빛은 다시 45° 의 1/4 파장판(QWP)(210)를 통과하여 광분배기(BS)(130)로 돌아오게 된다.
- <46> 다시말해, 샘플 암에서 45° 의 1/4 파장판(QWP)(210)를 지난 빛은 갈바노미터(220)에 설치된 거울에 의해 반사되어 대물렌즈(230)에 집속된 후 샘플(240) 조직에 입사하게 된다. 샘플(240) 조직에서 반사되거나 역산란된 빛은 다시 같은 경로로 되돌아가게 된다. 이때 갈바노미터(220)의 각 회전에 의해 횡축 스캐닝을 하게된다. 본 발명에서는 샘플에 프로브가 접촉되기 위한 피부접촉부(245)를 구비한다.
- <47> 레퍼런스 암과 샘플 암에서 각각 되돌아온 빛은 광분배기(BS)(130)에서 모이게 되며, 레퍼런스 암에 의해서 두 빛의 경로차가 같으면 간섭 현상을 일으키게 된다. 이렇게 발생된 간섭신호는 다시 편광 광분배기(PBS)(250)를 통과하여 수평성분과 수직성분으로 나뉘게 되고 각각의 성분을 광 검출기들(260, 270)로 받아서 원하는 데이터를 획득하게 된다. 광 검출기들(260, 270)은 분광기로서, 포토다이오드로 이루어질 수 있다.
- <48> 광 검출기들(260, 270)에서 검출된 신호는 컴퓨터 시스템(70)으로 전달된다. 경우에 따라서는 광 검출기들(260, 270)의 앞단에 비구면렌즈(collimator)를 두어, 즉, 편광 광분배기(PBS)(250)를 통과하여 생성된 수평성분과 수직성분의 빛이 각각 비구면렌즈(collimator)를 거쳐, 광섬유를 통해 광 검출기들(260, 270)로 전달되게 할 수 있다.
- <49> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 구성을 개략적으로 설명하기 위한 설명도이고, 도 3은 도 2의 프로브의 구성을 개략적으로 설명하기 위한 설명도이다.
- <50> 도 2의 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템은 본체(10), 프로브(90), 전송로(80)로 이루어진다.
- <51> 본체(10)는 전원공급장치(20), 광원부(30), 검출부(50), 컴퓨터 시스템(70) 로 이루어진다.
- <52> 전원공급장치(20)는 광원부(30), 검출부(50), 컴퓨터 시스템(70), 프로브(90) 등에 전원을 공급한다.
- <53> 광원부(30)는 저 결맞음 광원(110)을 구비하여 프로브(90)의 광학시스템으로 전송한다.
- <54> 전송로(80)는 광섬유, 전선들로 이루어지며, 본체(10)와 프로브(90) 사이에 위치된다.
- <55> 검출부(50)는 광 검출기들(260, 270)로 이루어지며, 편광 광분배기(PBS)(250)로부터의 수평성분 빛과 수직성분의 빛이 각각 비구면렌즈(253, 257)를 거쳐 광섬유를 통해 검출부(50)로 입사되어 데이터를 획득하게 되며, 획득된 데이터는 컴퓨터 시스템(70)으로 전달한다.
- <56> 컴퓨터 시스템(70)은 검출부(50)로부터의 신호를 디지털신호로 변환하여 수신하며, 수신된 디지털 신호를 수직, 수평 성분에 대해 각각 푸리에 변환을 시켜 크기와 위상 값을 구하며, 푸리에 변환에 의해 얻은 값들로부터 스톱스 변수 값을 구한다. 이로부터 피부 표면에서의 굴곡을 측정함으로써 피부 주름의 깊이, 간격 등을 수치화할 수 있으며 이는 피부 주름 치료 효과에 대한 정량적인 값으로 제시할 수 있으며, 또한 피부의 진피층에 분포되어 있는 콜라겐 섬유들이 가지고 있는 복굴절을 측정함으로써 광노화에 따른 콜라겐 섬유들의 변화를 정량적인 값으로 제시 할 수 있다.
- <57> 프로브(90)는 PS-OCT를 이루는 광학시스템으로서, 선형편광기(LP)(120), 광분배기(BS)(130), 22.5° 의 1/4 파장판(QWP)(140), 광지연선(RSOD)(150), 45° 의 1/4 파장판(QWP)(210), 갈바노미터(220), 대물렌즈(230), 편광 광분배기(PBS)(250), 비구면렌즈(253, 257)로 이루어진다.
- <58> 광원부(30)의 저 결맞음 광원(110)에서 나온 하나의 빛은 선형편광기(LP)(120)를 통과하여 수평 방향으로 편광된 빛만을 만들어 낸다.
- <59> 선형편광기(LP)(120)로부터 출사된 순수하게 수평 편광된 빛은 광분배기(BS)(130)를 통과하면서 한쪽 경로로는

레퍼런스 암으로, 다른 한쪽 경로로는 샘플 암으로 진행하게 된다.

<60> 레퍼런스 암으로 흐른 빛은 수평에 대해 22.5° 의 1/4 파장판(QWP)(140), 즉 제1의 1/4 파장판을 통과한다. 22.5° 의 1/4 파장판(QWP)(140)을 통과한 빛은 기준거울(155)에서 반사되어 다시 22.5° 의 1/4 파장판(QWP)(140)를 통과하여 광분배기(BS)(130)로 돌아오게 된다.

<61> 다른 한쪽의 경로인 샘플 암으로 흐르는 빛은 수평에 대해 45° 의 1/4 파장판(QWP)(210), 즉 제2의 1/4 파장판을 통과하여 갈바노미터(220)에 설치된 거울에 의해 반사되어 대물렌즈(230)에 집속된 후 샘플(240) 조직에 입사하게 된다. 여기서 갈바노미터(220)는 광학 스캐너(optical scanner)로서 사용된다. 이때의 빛은 수평성분을 기준으로 우원형 편광 되어 있다. 우원형 편광 성분의 빛은 샘플(240)에서 산란 되거나 역반사 되고 샘플(240)의 광학적 특성에 따라 타원 편광으로 변화를 일으키게 된다. 샘플(240) 조직에서 반사되거나 역산란된 빛은 다시 같은 경로로 되돌아가게 된다. 이렇게 반사된 빛은 다시 45° 의 1/4 파장판(QWP)(210)를 통과하여 광분배기(BS)(130)로 돌아오게 된다.

<62> 레퍼런스 암과 샘플 암에서 각각 되돌아온 빛은 광분배기(BS)(130)에서 모이게 되며, 레퍼런스 암에 의해서 두 빛의 경로차가 같으면 간섭 현상을 일으키게 되며, 이렇게 발생된 간섭신호는 다시 편광 광분배기(PBS)(250)를 통과하여 수평성분과 수직성분으로 나뉘게 되고, 수평성분 빛과 수직성분의 빛이 각각 비구면렌즈(253, 257)를 거쳐 전송로(80)의 광섬유를 통해 본체(10)의 검출부(50)로 입사되어 데이터를 획득하게 된다.

<63> 경우에 따라서 프로브(90)에 검출부(50)가 포함되어질 수 있으며, 프로브(90)에 검출부(50)가 포함되는 경우에는 비구면렌즈(253, 257)를 사용하지 않고, 바로 광 검출기들(260, 270)를 사용하여, 편광 광분배기(PBS)(250)를 통과한 수평성분 빛과 수직성분 빛을 광 검출기들(260, 270)로 받아서 원하는 데이터를 획득하게 된다.

<64> 다음은 스톡스 변수에 대해서 설명한다.

<65> 컴퓨터 시스템(70)은 스톡스 변수 값을 구하는데, 스톡스 벡터는 편광된 광을 전자기파의 관측 가능량들의 함수로 표현한 것으로 편광상태에 대한 완전한 묘사방법으로써 I, Q, U, V (혹은 S0, S1, S2, S3)의 네 개의 변수로 구성되어 있다. 이 네개의 변수들은 광검출기(photodiode)와 선형(linear) 및 원형(circular)의 편광자를 이용하여 구할 수 있다.

<66> 광 검출기에 입사되는 총 조사량을 I_t 라고 하면 I_0 , I_{90} , I_{+45} , I_{-45} 은 각각 수평축을 기준으로 0° , 90° , $+45^\circ$, -45° 각도의 선형 편광자(linear polarizer)에 의해 투과된 빛이며 선형편광으로 정의하며, 또한 I_{rc} 와 I_{lc} 는 원형 편광자(circular polarizer)에 의해 투과된 빛이며 우원편광, 좌원편광이라 정의한다. E_{ox} 는 수평 성분의 크기, E_{oy} 는 수직 성분의 크기, ε_{ox} 는 수평 성분의 위상, ε_{oy} 는 수직 성분의 위상이다. 편광 상태를 표현하는 네개의 스톡스 변수(stokes parameters)를 수학적 1과 같이 정의한다.

수학적 1

<67> $I = I_t$, $Q = (I_0 - I_{90})$, $U = (I_{+45} - I_{-45})$, $V = (I_{rc} - I_{lc})$

<68> 수학적 1의 스톡스 변수들을 I로 표준화(normalizing) 하면, Q는 수평(Q=+1)축 혹은 수직(Q=-1)축을 따라 편광된 양을 묘사하고, U는 $+45^\circ$ (U=+1)혹은 -45° (U=-1) 방향을 따라 편광된 양을 나타낸다. 그리고 V는 우원형(V=+1) 혹은 좌원형 (V=-1)의 편광된 양을 표현한다.

<69> 평균 각주파수 ω 를 갖고 진행하는 빛을 전자기장에서 x성분(수평 성분), y성분(수직 성분)으로 표현하면 수학적 2와 같다.

수학적 2

$$E_x(t) = a_1(t) \exp[i(\alpha_1(t) + \omega t)]$$

$$E_y(t) = a_2(t) \exp[i(\alpha_2(t) + \omega t)]$$

<70> 이를 이용하여 전자기장에서 표현된 스톡스 변수는 수학적 3과 같다.

<71>

수학식 3

$$I = S_0 = \langle a_1^2 \rangle + \langle a_2^2 \rangle$$

$$Q = S_1 = \langle a_1^2 \rangle - \langle a_2^2 \rangle$$

$$U = S_2 = 2 \langle a_1 a_2 \cos(\alpha_2(t) - \alpha_1(t)) \rangle$$

$$V = S_3 = 2 \langle a_1 a_2 \sin(\alpha_2(t) - \alpha_1(t)) \rangle$$

<72>

<73>

이를 정리하면 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$S_d = \begin{bmatrix} I_t \\ (I_{0^\circ} - I_{90^\circ}) \\ (I_{+45^\circ} - I_{-45^\circ}) \\ (I_{rc} - I_{lc}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle E_{ox}^2 \rangle + \langle E_{oy}^2 \rangle \\ \langle E_{ox}^2 \rangle - \langle E_{oy}^2 \rangle \\ \langle 2 E_{ox} E_{oy} \cos(\varepsilon_{ox} - \varepsilon_{oy}) \rangle \\ \langle 2 E_{ox} E_{oy} \sin(\varepsilon_{ox} - \varepsilon_{oy}) \rangle \end{bmatrix}$$

<74>

<75>

도 4는 도 2의 컴퓨터 시스템의 개략적인 흐름도이다.

<76>

푸리에 변환단계로, 광 검출기들(260, 270)들의 출력신호가 디지털신호로 변환되어 수직성분의 신호 및 수평성분의 신호가 컴퓨터 시스템으로 입력되면, 수직성분의 신호 및 수평 성분의 신호에 대해 각각 푸리에 변환을 시켜 크기와 위상 값을 구한다(S100).

<77>

스톡스변수 연산단계로, 푸리에 변환단계에 의해 구한 값들을 이용하여 수학식 4에 의해 스톡스 변수 값을 구한다(S150).

<78>

영상구현단계로, 스톡스 변수들을 가지고 피부단면 구조영상 및 3-D 영상을 구현한다(S200)

<79>

표피층 굴절측정단계로, 영상구현단계에서 구현된 영상으로부터, 피부 표피층에서의 굴곡을 측정한다(S250).

<80>

진피층 복굴절측정단계로, 영상구현단계에서 구현된 영상으로부터, 피부 진피 층에서의 복굴절을 측정한다(S300). 즉, 피부의 진피층에 분포되어 있는 콜라겐 섬유들이 가지고 있는 복굴절을 측정한다.

<81>

주름 치료 효과에 대한 정량적인 값추출단계로, 표피층 굴절측정단계(S250)의 결과로부터 피부 주름의 깊이, 간격 등을 수치화하며, 이로부터 피부의 주름 치료 효과에 대한 정량적인 값을 구한다(S350).

<82>

콜라겐 섬유들의 변화의 정량적인 값추출단계로, 진피층 복굴절측정단계의 결과로부터 피부의 진피층에 분포되어 있는 콜라겐 섬유들이 가지고 있는 복굴절을 검출함으로써 광노화에 따른 콜라겐 섬유들의 변화를 정량적인 값을 구한다.

<83>

도 5는 도 2의 표피층 굴절측정단계의 개략적인 흐름도이다.

<84>

S_0 이미지구현단계로, 스톡스 변수들 중에서 S_0 이미지를 구한다(S260). 스톡스변수 연산단계(S150)에서 구한 스톡스 변수들 중에서 S_0 값은 일반 OCT의 이미지와 같은 이미지이다.

<85>

중앙 필터링 단계로, S_0 의 이미지를 중앙 필터(median filter)를 통과시켜 영상 노이즈 성분을 줄여준다(S270).

<86>

평면보정(plane fitting)연산단계로, 대물렌즈에 의해서 생기는 상면 만곡 현상과 샘플의 기울기에 발생하는 형상 오차를 제거하기 위하여 평면 보정 연산 과정을 수행한다(S280). 여기서 평면 보정을 실시하면 피부 표면

에 해당하는 픽셀의 높이를 추출할 수 있다.

<87> 픽셀의 높이추출단계로, 피부표면에 해당하는 픽셀의 높이를 추출(S290)하며, 이 높이 값을 가지고 3차원 등고선 지도를 작성한다.

<88> 도 6은 도 2의 진피층 복굴절측정단계의 개략적인 흐름도이다.

<89> S_3 이미지구현단계로, 스톱스 변수들 중에서 S_3 이미지를 구하며, 여기서 스톱스 변수들 중에서 S_3 값은 수학적식 5와 같이 파장(k_0), 복굴절(Δn)과 샘플의 깊이(z)의 함수로 나타낼 수 있다(S310).

수학식 5

<90> $S_3 = \cos(2k_0 \Delta n z)$

<91> 아크 코사인연산단계로, S_3 이미지구현단계의 출력 신호를 아크 코사인 취한다(S320). 여기서 수학식 5와 같은 S_3 값을 아크 코사인 취하면 기울기를 가진 선형함수가 된다.

<92> 기울기값 추출단계로, 아크 코사인연산단계의 출력으로부터 기울기를 추출하면(linear fitting) 하나의 라인(x)에 대한 복굴절의 값이 나온다(S330).

<93> 평균화단계로, 이를 이미지의 모든 라인(x)에 적용하여 복굴절을 구하고 이를 평균화시킨다(S340).

<94> 도 7은 본 발명의 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 토끼피부에 적용하여 얻은 영상의 일 예이다.

<95> 도 7의 (a)는 단면 구조 영상이고, 도 7의 (b)는 복굴절영상이다.

<96> 본 발명은 이상에서 설명되고 도면에 예시된 것에 의해 한정되는 것은 아니며, 당업자라면 다음에 기재되는 청구범위 내에서 더 많은 변형 및 변용예가 가능한 것임은 물론이다.

발명의 효과

<97> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 피부의 빠른 영상 획득을 위해 고속 스캐닝 광 지연선을 적용한 PS-OCT를 이용하여, 생체 조직 특성에 따라 달라지는 편광 성분의 변화를 감지할 수 있는 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 제공한다.

<98> 본 발명의 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템은 광원부와 컴퓨터 시스템을 하나의 시스템으로 이루고, PS-OCT를 이루는 광학시스템과 검출시스템을 프로브 안에 집적시키거나, 또는 광원부, 컴퓨터 시스템, 검출시스템을 하나의 시스템으로 이루고, PS-OCT를 이루는 광학시스템 부분만을 프로브 안에 집적시켜 휴대가 용이하며, 소형화가 가능하다.

<99> 본 발명의 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템은 절개를 하거나 조직을 떼어내지 않고 비침습적으로 영상을 획득하며, 피부의 2차원 단면 구조 영상뿐만 아니라 편광 성분 영상을 고해상도를 가지고 실시간으로 획득하며, 또한 2차원 영상을 실시간을 획득하기 때문에 빠른 시간에 3차원 영상을 구현할 수 있으며, 피부 주름에 대한 치료 효과와 피부의 광노화 정도를 정량적으로 객관화시킬 수 있다.

<100> 본 발명에서는 광원에서 나온 빛이 광섬유를 사용하여 프로브까지만 전달되기 때문에 실제 프로브안에 있는 PS-OCT 시스템에서는 편광의 영향을 받지 않는다.

<101> 본 발명은 프로브(Hand-held probe)에 시스템을 집적시키기 때문에 시스템을 소형화시킬 수 있으며 휴대용으로 제작할 수 있으며, 피부 주름에 대한 치료 효과와 피부의 광노화 정도를 정량적으로 객관화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 PS-OCT를 설명하기 위한 개략도이다.

<2> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템의 구성을 개략적으로 설명하기 위한 설명도이다.

- <3> 도 3은 도 2의 프로브의 구성을 개략적으로 설명하기 위한 설명도이다.

<4> 도 4는 도 2의 컴퓨터 시스템의 개략적인 흐름도이다.

<5> 도 5는 도 2의 표피층 굴절측정단계의 개략적인 흐름도이다.

<6> 도 6은 도 2의 진피층 복굴절측정단계의 개략적인 흐름도이다.

<7> 도 7은 본 발명의 휴대용 피부 검사용 편광 민감 광 간섭 영상 시스템을 토끼피부에 적용하여 얻은 영상의 일예이다.

<8> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<9> 10: 본체 20: 전원공급장치

<10> 30: 광원부 70: 컴퓨터 시스템

<11> 80: 전송로 90: 프로브

<12> 110: 저 결맞음 광원 120: 선형편광기(LP)

<13> 130: 광분배기(BS) 140: 22.5° 의 $1/4$ 파장판(QWP)

<14> 150: 광지연선(RSOD) 155: 기준거울

<15> 160: 회절격자 170: 렌즈

<16> 180: 갈바노미터 210: 45° 의 $1/4$ 파장판(QWP)

<17> 220: 갈바노미터 230: 대물렌즈

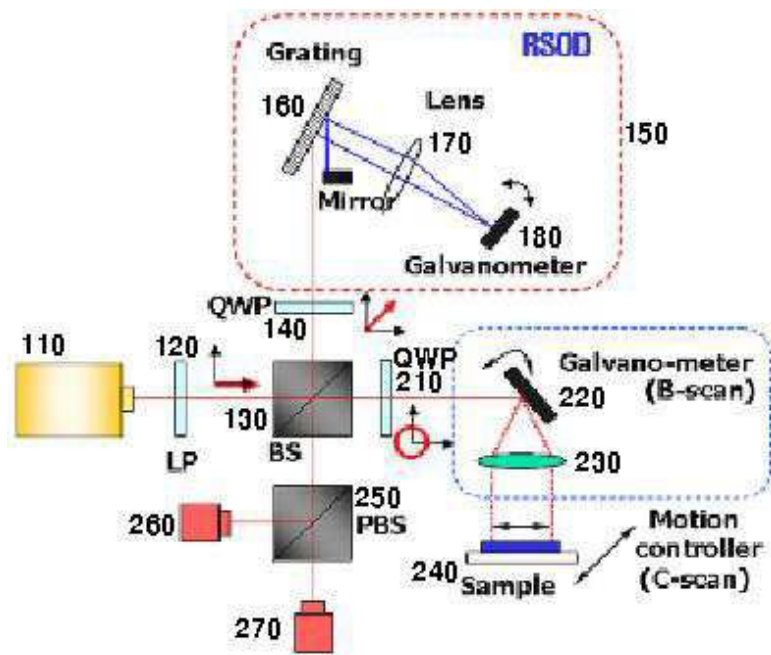
<18> 240: 샘플 245: 피부접촉부

<19> 250: 편광 광분배기 253, 257: 비구면렌즈

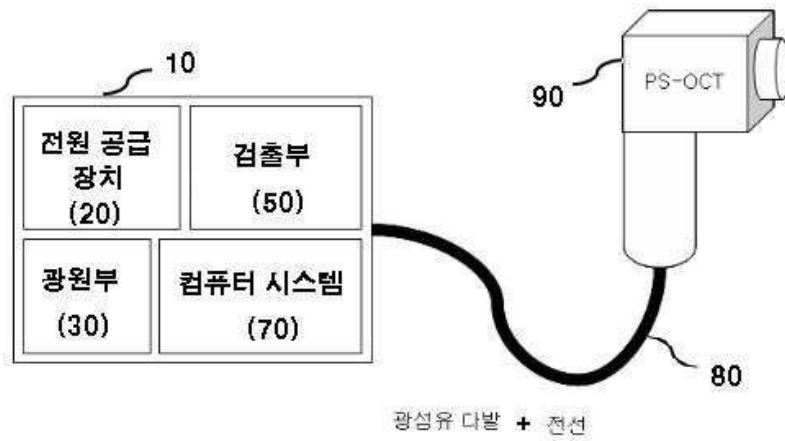
<20> 260, 270: 광 검출기

도면

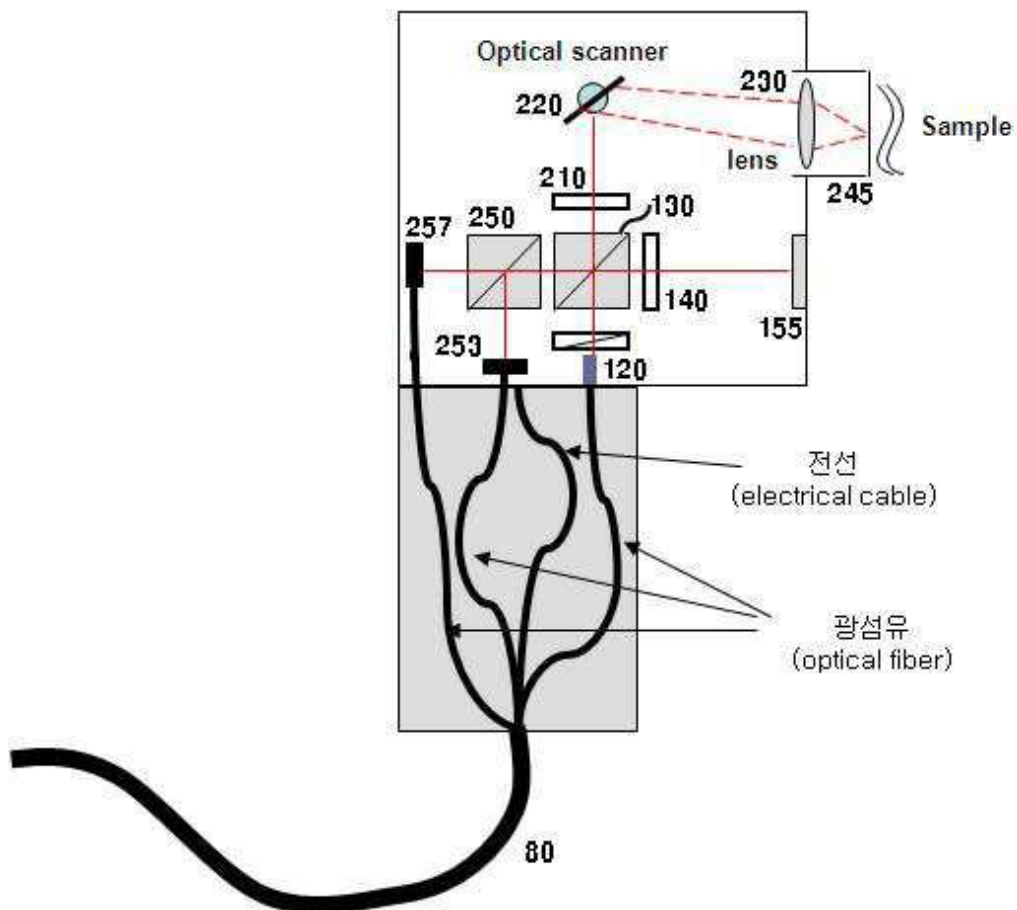
도면1



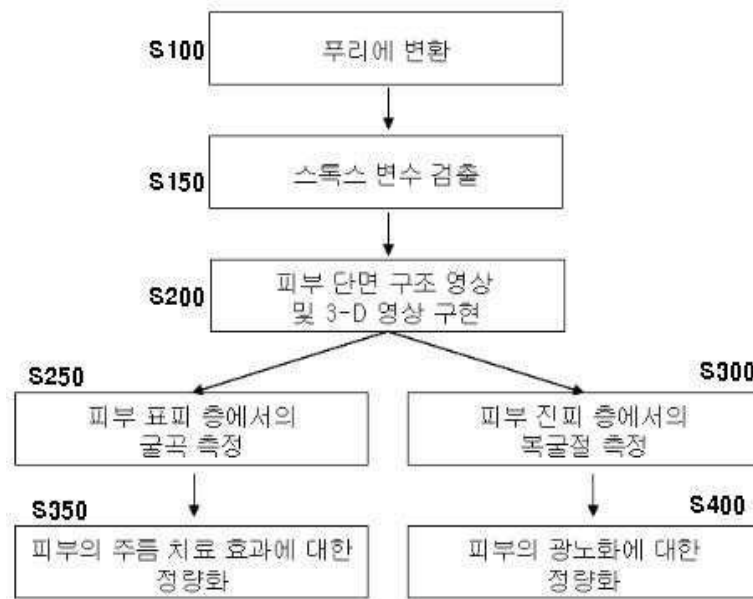
도면2



도면3



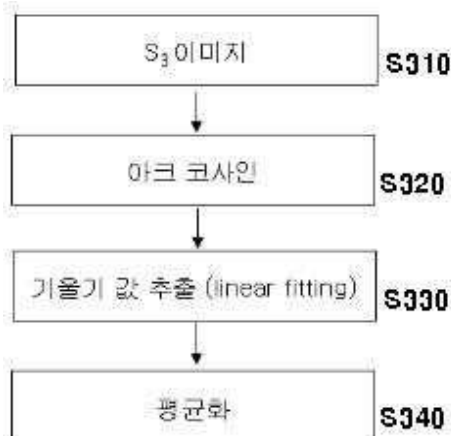
도면4



도면5



도면6



도면7

