



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월20일
(11) 등록번호 10-2638985
(24) 등록일자 2024년02월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06V 10/10 (2023.01) G06T 5/00 (2024.01)
G06V 10/40 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06V 10/10 (2023.08)
G06T 5/00 (2024.01)
(21) 출원번호 10-2021-0021683
(22) 출원일자 2021년02월18일
심사청구일자 2021년02월18일
(65) 공개번호 10-2022-0118053
(43) 공개일자 2022년08월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR102082747 B1*
US20180203122 A1*
US20180231761 A1*
US20180299376 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
이승아
서울특별시 중구 서소문로9길 28, 101동 1106호(순화동, 덕수궁롯데캐슬)
이경철
경기도 용인시 수지구 죽전로 121, 103동 1403호(죽전동, 꽃메마을아이파크2차아파트)
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
민영준

전체 청구항 수 : 총 10 항

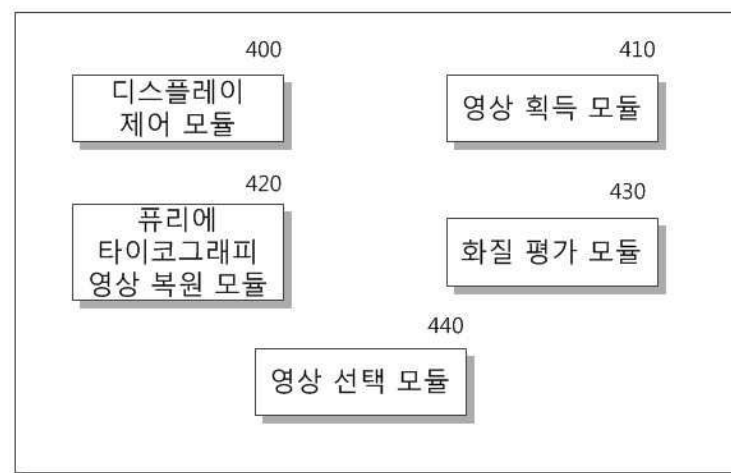
심사관 : 전한철

(54) 발명의 명칭 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 스마트폰 및 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법

(57) 요약

푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 스마트폰 및 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법이 개시된다. 개시된 방법은 서로 다른 위치의 점광원들로 이루어진 제1 패턴에 따라 상기 스마트폰의 디스플레이에 상기 제1 패턴의 점광원들을 순차적으로 표시하여 상기 샘플 시료에 서로 다른 각도의 조명을 순차적으로 제공하는 단계(a); 상기 제1 패턴의 점광원들에 의해 서로 다른 각도의 조명이 제공될 때마다 상기 스마트폰의 카메라를 이용하여 상기 샘플 시료에 대한 조명 각도별 영상을 획득하는 단계(b); 및 상기 스마트폰의 카메라를 이용하여 획득된 복수의 조명 각도별 영상들을 이용하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하는 단계(c)를 포함한다. 개시된 방법에 의하면, 별도의 조명 장치를 사용하지 않고 저비용으로 푸리에 타이코그래피 영상 복원이 가능하며, 높은 자유도를 통해 푸리에 타이코그래피 이미지의 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류
G06V 10/60 (2023.08)

(72) 발명자
이경원
서울특별시 서대문구 연대동문길 75-5, 402(대신동)

정재우
서울특별시 서대문구 성산로17길 18-5, 201호(연희동)

이세희
서울특별시 송파구 중대로 24, 222동 902호(문정동, 올림픽훼밀리타운)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711112919
과제번호	2019R1A4A1025958
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초연구실용성사업
연구과제명	고스트 영상기법을 활용한 인체모사형 장뇌축 마이크로바이옴
연구(2/3)(2019.9.1~2022.2.28)	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

스마트폰에 설치된 어플리케이션을 통해 상기 스마트폰을 제어하여 샘플시료의 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하는 방법으로서,

서로 다른 위치의 점광원들로 이루어진 제1 패턴에 따라 상기 스마트폰의 디스플레이에 상기 제1 패턴의 점광원들을 순차적으로 표시하여 상기 샘플 시료에 서로 다른 각도의 조명을 순차적으로 제공하는 단계(a);

상기 제1 패턴의 점광원들에 의해 서로 다른 각도의 조명이 제공될 때마다 상기 스마트폰의 카메라를 이용하여 상기 샘플 시료에 대한 조명 각도별 영상을 획득하는 단계(b);

상기 스마트폰의 카메라를 이용하여 획득된 복수의 조명 각도별 영상들을 이용하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하는 단계(c)를 포함하되,

상기 제1 패턴의 점광원들은 상기 샘플 시료와 상하로 정렬되어 표시되는 제1 점광원을 포함하고, 상기 제1 점광원을 중심으로 다수의 점광원들이 상기 제1 패턴에 분포되고,

상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원들에 사이즈는 상기 샘플 시료와 가장 가까운 상기 제1 점광원과의 이격 거리에 기초하여 설정되고, 상기 제1 점광원과 가까울수록 상대적으로 크게 설정되며, 상기 제1 점광원과 멀수록 상대적으로 작게 설정되는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 점광원은 원형의 형상을 가지며, 상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원들의 형태는 상기 제1 점광원과 해당 점광원과의 이격 방향에 기초하여 설정되는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원 중 상기 제1 점광원과 가로 방향으로 이격된 점광원은 가로 방향으로 장축을 가진 타원 형상을 가지고, 상기 제1 점광원과 세로 방향으로 이격된 점광원은 세로 방향으로 장축을 가진 타원 형상을 가지는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 패턴과 상이한 점광원 위치 분포를 가지는 제2 패턴 내지 제N 패턴에 대해 상기 단계(a) 내지 (c)를

반복하는 단계(d);

각 패턴별로 복원된 제1 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상의 화질을 평가하는 단계(e); 및

상기 제1 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상 중 가장 좋은 화질의 푸리에 타이코그래피 영상을 선택하는 단계(f)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법.

청구항 7

제6항에 있어서

상기 제1 패턴 내지 상기 제N 패턴은 점광원들의 형태 또는 컬러 중 적어도 하나가 상이한 것을 특징으로 하는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법.

청구항 8

광학계 장치와 결합되어 샘플 시료의 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰으로서,

서로 다른 위치의 점광원들로 이루어진 제1 패턴에 따라 디스플레이에 상기 제1 패턴의 점광원들을 순차적으로 표시하여 상기 샘플 시료에 서로 다른 각도의 조명을 순차적으로 제공하기 위한 디스플레이 제어 모듈;

상기 제1 패턴의 점광원들에 의해 서로 다른 각도의 조명이 제공될 때마다 카메라를 이용하여 상기 샘플 시료에 대한 조명 각도별 영상을 획득하는 영상 획득 모듈; 및

상기 카메라를 이용하여 획득된 복수의 조명 각도별 영상들을 이용하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하는 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈을 포함하되,

상기 제1 패턴의 점광원들은 상기 샘플 시료와 상하로 정렬되어 표시되는 제1 점광원을 포함하고, 상기 제1 점광원을 중심으로 다수의 점광원들이 상기 제1 패턴에 분포되고,

상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원들에 사이즈는 상기 샘플 시료와 가장 가까운 상기 제1 점광원과의 이격 거리에 기초하여 설정되고, 상기 제1 점광원과 가까울수록 상대적으로 크게 설정되며, 상기 제1 점광원과 멀수록 상대적으로 작게 설정되는 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원 중 상기 제1 점광원과 가로 방향으로 이격된 점광원은 가로 방향으로 장축을 가진 타원 형상을 가지고, 상기 제1 점광원과 세로 방향으로 이격된 점광원은 세로 방향으로 장축을 가진 타원 형상을 가지는 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 디스플레이 제어 모듈은 상기 제1 패턴과 상이한 점광원 위치 분포를 가지는 제2 패턴 내지 제N 패턴에 대해서도 디스플레이를 제어하고, 상기 영상 획득 모듈은 상기 제2 패턴 내지 상기 제N 패턴에 대한 조명 각도별 영상을 획득하며, 상기 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈은 상기 제2 패턴 내지 상기 제N 패턴에 대한 제2 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상을 추가적으로 복원하는 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰.

청구항 14

제13항에 있어서,

각 패턴별로 복원된 상기 제1 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상의 화질을 평가하는 화질 평가 모듈; 및

상기 제1 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상 중 가장 좋은 화질의 푸리에 타이코그래피 영상을 선택하는 영상 선택 모듈을 더 포함하는 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰.

청구항 15

제13항에 있어서

상기 제1 패턴 내지 상기 제N 패턴은 점광원들의 형태 또는 컬러 중 적어도 하나가 상이한 것을 특징으로 하는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스마트폰 및 스마트폰을 이용한 이미지 획득 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 스마트폰 및 스마트폰 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 생체 시료에 대한 대면적 영역을 고해상도로 획득하기 위한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다. 널리 알려진 바와 같이, 시료의 고해상도 영상은 현미경을 이용하여 획득되며, 일반적인 현미경은 배율과 해상도가 서로 반비례 관계에 있다. 현미경 대물렌즈의 개구수(Numerical Aperture)에 비례하는 공간 대역폭에 따라 물체의 정보에 대한 이미지의 해상도가 결정된다. 높은 개구수의 대물 렌즈를 사용해 대역폭을 넓힐 수 있지만 배율도 함께 증가되기에 한번에 촬영할 수 있는 관측 영역이 축소되는 것이다.

[0004] 한편, 푸리에 타이코그래피 영상 복원 기술은 대면적 영상의 촬영이 가능한 저배율, 낮은 개구수의 대물렌즈로 광학계를 구성하고 시료의 조명의 입사각을 바꾸어가며 복수의 이미지를 획득하고, 획득한 복수의 이미지에 대한 복원 알고리즘을 적용해 해상도를 향상시키는 기술이다.

[0005] 근래에 들어, 제한된 환경에서 실험 및 병리 진단에 활용할 수 있는 단순하고 휴대성 높은 이미지 획득 장치에 대한 수요가 증가하고 있다. 푸리에 타이코그래피 영상 복원 기술은 관측 영역과 해상도를 동시에 향상시킬 수 있기는 하나, 복수의 이미지를 획득하기 위해 별도의 조명 장치를 요구하고 이미지 처리를 위한 별도의 카메라 및 프로세서를 푸리에 타이코그래피 영상 복원을 위해 필요로 한다. 본 발명과 관련된 선행문헌으로 2019년 7월 26일자로 공개된 10-2019-0088277호가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 별도의 조명 장치를 사용하지 않고 저비용으로 푸리에 타이코그래피 영상 복원이 가능한 방법을 제안한다.

[0008] 또한, 본 발명은 푸리에 타이코그래피 이미지의 품질을 향상시킬 수 있는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법을 제안한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 측면에 따르면, 스마트폰에 설치된 어플리케이션을 통해 상기 스마트폰을 제어하여 샘플시료의 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하는 방법으로서, 서로 다른 위치의 점광원들로 이루어진 제1 패턴에 따라 상기 스마트폰의 디스플레이에 상기 제1 패턴의 점광원들을 순차적으로 표시하여 상기 샘플 시료에 서로 다른 각도의 조명을 순차적으로 제공하는 단계(a); 상기 제1 패턴의 점광원들에 의해 서로 다른 각도의 조명이 제공될 때마다 상기 스마트폰의 카메라를 이용하여 상기 샘플 시료에 대한 조명 각도별 영상을 획득하는 단계(b); 및 상기 스마트폰의 카메라를 이용하여 획득된 복수의 조명 각도별 영상들을 이용하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하는 단계(c)를 포함하는 스마트폰을 이용한 푸리에 타이코그래피 이미지 획득 방법이 제공된다.

[0011] 상기 제1 패턴의 점광원들은 상기 샘플 시료와 상하로 정렬되어 표시되는 제1 점광원을 포함하고, 상기 제1 점광원을 중심으로 다수의 점광원들이 상기 제1 패턴에 분포된다.

[0012] 상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원들에 사이즈는 상기 제1 점광원과의 이격 거리에 비례하여 설정된다.

[0013] 상기 제1 점광원은 원형의 형상을 가지며, 상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원들의 형태는 상기 제1 점광원과 해당 점광원과의 이격 방향에 기초하여 설정된다.

[0014] 상기 제1 점광원 주위에 분포되는 다수의 점광원 중 상기 제1 점광원과 가로 방향으로 이격된 점광원은 가로 방향으로 장축을 가진 타원 형상을 가지고, 상기 제1 점광원과 세로 방향으로 이격된 점광원은 세로 방향으로 장축을 가진 타원 형상을 가진다.

[0015] 상기 방법은 상기 제1 패턴과 상이한 점광원 위치 분포를 가지는 제2 패턴 내지 제N 패턴에 대해 상기 단계(a) 내지 (c)를 반복하는 단계(d); 각 패턴별로 복원된 제1 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상의 화질을 평가하는 단계(e); 및 상기 제1 내지 제N 푸리에 타이코그래피 영상 중 가장 좋은 화질의 푸리에 타이코그래피 영상을 선택하는 단계(f)를 더 포함한다.

[0016] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 광학계 장치와 결합되어 샘플 시료의 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰으로서, 서로 다른 위치의 점광원들로 이루어진 제1 패턴에 따라 디스플레이에 상기 제1 패턴의 점광원들을 순차적으로 표시하여 상기 샘플 시료에 서로 다른 각도의 조명을 순차적으로 제공하기 위한 디스플레이 제어 모듈; 상기 제1 패턴의 점광원들에 의해 서로 다른 각도의 조명이 제공될 때마다 카메라를 이용하여 상기 샘플 시료에 대한 조명 각도별 영상을 획득하는 영상 획득 모듈; 및 상기 카메라를 이용하여 획득된 복수의 조명 각도별 영상들을 이용하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하는 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈을 포함하는 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득하기 위한 스마트폰이 제공된다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의하면, 별도의 조명 장치를 사용하지 않고 저비용으로 푸리에 타이코그래피 영상 복원이 가능하며, 높은 자유도를 통해 푸리에 타이코그래피 이미지의 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 현미경 시스템의 구조를 나타낸 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 현미경 시스템의 광 경로를 나타낸 도면.

도 3은 푸리에 타이코그래피 이미지 복원을 위해 종래의 이미지를 획득구조를 설명하는 개념도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위해 스마트폰에 설치되는 어플리케이션의 모듈 구성을 도시한 블록도.

도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따라 디스플레이에 표시되는 점광원 패턴의 일례를 나타낸 도면.

도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 디스플레이에 표시되는 점광원 패턴의 일례를 나타낸 도면.

도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 디스플레이에 표시되는 점광원 패턴의 일례를 나타낸 도면.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트폰을 이용한 푸리에 이미지 획득 방법의 전체적인 흐름을 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0022] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 “...부”, “...기”, “모듈”, “블록” 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 현미경 시스템의 구조를 나타낸 도면이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 현미경 시스템의 광 경로를 나타낸 도면이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 현미경 시스템은 광학계 장치(100) 및 스마트폰(200)을 포함한다.
- [0026] 광학계 장치(100)는 시료에 대한 영상을 스마트폰(200)에 제공하기 위한 광학적 구조를 가지고 있다.
- [0027] 스마트폰(200)은 광학계 장치(100)와 결합되며, 광학계 장치(100)에 조명을 제공하고 광학계 장치(100)로부터 샘플 시료에 대한 영상들을 획득한다. 스마트폰(200)은 획득된 샘플 시료에 대한 영상들을 이용하여 푸리에 타이코그래피 영상을 복원한다.
- [0028] 광학계 장치(100)는 광 경로부(110), 다수의 렌즈(120, 130, 140, 150), 다수의 거울(160, 170) 및 샘플 시료 거치대(180)를 포함한다.
- [0029] 샘플 시료 거치대(180)에는 샘플 시료가 놓여진다. 샘플 시료 거치대(180)는 투명 재질로 이루어지며, 샘플 시료에 대한 조명은 스마트폰(200)으로부터 제공된다. 기존의 푸리에 타이코그래피 영상 획득을 위한 조명은 다수의 LED와 다수 LED의 발광을 제어하기 위한 제어 장치를 포함하는 별도의 조명계를 이용하여 제공되었다. 제어 장치와 다수의 LED를 포함하는 조명계를 통해 조명이 제공되기에 기존의 푸리에 타이코그래피 영상 획득은 고비용을 요구하는 구조이다.
- [0030] 본 발명에서는 스마트폰(200)의 디스플레이를 조명을 제공하기 위한 광원으로 활용하며 별도의 조명계를 요구하지 않으며, 이러한 구조로 인해 기존의 고비용 문제를 해소할 수 있다.
- [0031] 스마트폰(200)은 OLED를 발광시켜 디스플레이에 영상을 표시하는 방식을 사용하며, 본 발명은 스마트폰의 디스플레이를 구성하는 OLED를 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위한 조명으로 활용하는 것이다.
- [0032] 다만, 푸리에 타이코그래피 영상을 획득하려면 다수의 각도에서 조명이 제공되어야 하며, 이러한 조명을 제공하기 위한 스마트폰 디스플레이의 표시화면의 제어는 별도의 도면을 참조하여 설명한다.
- [0033] 광학계 장치(100)의 제1 종단은 스마트폰(200)과 결합되며, 구체적으로 스마트폰(200)의 카메라와 결합된다. 광학계 장치(100)의 광 경로부(110)는 조명이 제공된 샘플 시료에 대한 영상이 스마트폰(200) 카메라에 포착되도록 광학적 경로를 제공한다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 광 경로부(110)는 두번에 걸쳐 절곡된 'ㄷ'자 형 구조를 가지고 있으나 이는 일 실시예이며, 광 경로부(100)의 구조가 이와 다른 구조를 가질 수 있다는 점은 당업자에게 있어 자명할 것이다.

- [0035] 광 경로부(100)의 절곡 지점에는 거울(160, 170)이 설치되어 광이 광 경로부를 따라 전달될 수 있도록 조명에 의한 광을 반사시킨다. 도 1에 도시된 실시예에는 광 경로부(100)가 두 번 절곡되는 구조이기에 두 개의 거울(160, 170)이 사용되는 경우가 도시되어 있으나 사용되는 거울의 수는 광 경로부(100)의 구조에 따라 다양하게 변경될 수 있을 것이다.
- [0036] 광 경로부(100)에는 다수의 렌즈(120, 130, 140, 150)가 결합되며 렌즈는 샘플 시료와 스마트폰(200) 카메라와의 초점 거리를 맞추고 확산된 광을 집중시키는 기능을 한다.
- [0037] 본 발명은 스마트폰에 기 설치되어 있는 카메라를 이용하여 영상을 획득하고 스마트폰의 디스플레이를 조명으로 이용하므로 단순화된 방식 및 저비용으로 푸리에 타이코그래피 이미지를 획득할 수 있다.
- [0038] 스마트폰(200)에는 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위해 스마트폰(200)을 제어하기 위한 어플리케이션이 설치된다. 스마트폰에 설치되는 어플리케이션의 상세한 구조 및 어플리케이션에 의한 스마트폰(200)의 동작은 별도의 도면을 참조하여 설명한다.
- [0039] 도 3은 푸리에 타이코그래피 이미지 복원을 위해 종래의 이미지를 획득구조를 설명하는 개념도이다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 종래에는 다수의 LED를 포함하는 조명계(300)를 이용하여 조명을 제공하였다.
- [0041] 푸리에 타이코그래피 이미지를 복원하려면, 서로 다른 각도에서 조명이 제공된 다수의 이미지를 필요로 한다.
- [0042] 도 3의 (a)에는 다수의 LED 중 중앙의 LED가 발광되고 다른 LED는 오프 상태인 경우가 도시되어 있다.
- [0043] 도 3의 (b)에는 다수의 LED 중 중앙 LED의 좌측에 인접한 LED가 발광되고 다른 LED는 오프 상태인 경우가 도시되어 있다.
- [0044] 도 3의(a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위해 각각 다른 위치에 있는 LED를 하나씩 발광시키면서 서로 다른 각도에서 조명을 제공하고, 각각의 조명 각도에 따른 영상을 하나씩 획득한다.
- [0045] 서로 다른 조명 각도에서 미리 설정된 수의 영상이 획득되면, 획득된 영상들을 이용하여 푸리에 타이코그래피 이미지 복원이 이루어진다. 서로 다른 조명 각도에서 조명이 주어진 다수의 영상이 필요하기에 푸리에 타이코그래피 이미지 복원을 위한 조명계는 서로 다른 위치에 배치된 다수의 LED를 필요로 하며, 이러한 LED의 발광 및 오프를 제어하는 제어 장치를 필요로 하는 것이다.
- [0046] 앞서 설명한 바와 같이, 본 발명은 도 3에 도시된 조명계(300)의 역할을 스마트폰(200)의 디스플레이가 대신 수행하며, 영상의 획득 및 타이코그래피 이미지 복원 역시 스마트폰(200)에서 이루어지도록 한다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위해 스마트폰에 설치되는 어플리케이션의 모듈 구성을 도시한 블록도이다.
- [0048] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위해 스마트폰에 설치되는 어플리케이션은 디스플레이 제어 모듈(400), 영상 획득 모듈(410), 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈(420), 화질 평가 모듈(430) 및 영상 선택 모듈(440)을 포함한다.
- [0049] 디스플레이 제어 모듈(400)은 스마트폰 디스플레이의 선택된 일부 영역만을 발광시키고 나머지 영역은 디스플레이의 LED를 오프시켜 점광원을 형성하도록 스마트폰의 디스플레이를 제어한다.
- [0050] 디스플레이 제어 모듈(400)은 미리 설정된 패턴에 기초하여 점광원의 위치를 변경시키면서 샘플 시료에 서로 다른 각도의 조명을 제공한다. 푸리에 타이코그래피 이미지 획득을 위해 필요한 조명 각도들은 미리 설정되고, 스마트폰 디스플레이와 샘플 시료와의 높이는 미리 설정되어 있으므로 점광원이 디스플레이에서 형성되는 위치를 조절함으로써 필요한 각도의 조명을 제공할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 점광원들의 위치가 설정된 패턴이 미리 저장되어 있으며, 패턴에 따라 순차적으로 서로 다른 위치에 점광원을 디스플레이에 표시한다.
- [0052] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따라 디스플레이에 표시되는 점광원 패턴의 일례를 나타낸 도면이다.
- [0053] 도 5를 참조하면, 디스플레이에 형성되는 다수의 점광원이 표시되어 있으며, 도 5에 도시된 점광원들은 미리 설정된 시간 간격에 따라 하나씩 표시된다. 물론, 필요에 따라 복수의 점광원이 동시에 표시될 수도 있다. 도 5에 점광원들 중 중앙에 형성된 제1 점광원(500)은 샘플 시료 거치대에 놓여진 샘플 시료와 상하로 정렬되는 위치에 형성되는 점광원이며 수직으로 조명을 제공하는 점광원이다.

- [0054] 다양한 각도에서 조명을 제공하기 위해 중앙에 형성된 점광원(500)을 중심으로 상하좌우에 일정 간격으로 다수의 점광원이 배치되어 있다.
- [0055] 디스플레이 제어 모듈(400)은 미리 설정된 시간 간격으로 도 5에 도시된 패턴에 따라 점광원을 형성시킨다. 예를 들어, 디스플레이 제어 모듈(400)은 중앙에 형성된 제1 점광원(500)이 1차적으로 형성되도록 디스플레이를 제어한 후 중앙에 형성된 제1 점광원(500)을 소정 시간 유지한 후, 2차적으로 중앙에 형성된 점광원(500)의 좌측에 인접한 제2 점광원(502)이 형성되도록 디스플레이를 제어한다. 제2 점광원(502)이 소정 시간 유지된 후, 제1 점광원(500)의 우측에 인접한 제3 점광원(504)이 형성되도록 제어된다.
- [0056] 디스플레이 제어 모듈(400)은 패턴에 포함된 모든 점광원들을 미리 정해진 순서에 따라 미리 설정된 시간 간격으로 활성화시킨다. 도 5에는 총 25개의 점광원이 도시되어 있으며, 25번에 걸쳐 특정 점광원을 활성화되도록 디스플레이를 제어하는 동작이 이루어지는 것이다.
- [0057] 영상 획득 모듈(410)은 패턴에 따라 점광원이 형성될 때마다 해당 점광원의 영향을 받는 영상을 획득하도록 스마트폰(200)의 카메라를 제어한다.
- [0058] 예를 들어, 영상 획득 모듈(410)은 도 5에 도시된 제1 점광원(500)이 디스플레이에 형성되어 조명을 제공할 때 제1 영상을 획득하도록 스마트폰의 카메라를 제어하고, 제1 점광원(500)이 비활성화된 후 제2 점광원(502)이 디스플레이에 형성되어 조명을 제공할 때 제2 영상을 획득하도록 스마트폰의 카메라를 제어하는 것이다. 이러한 영상 획득은 패턴에 따라 특정 점광원이 활성화될 때마다 이루어지며, 도 5와 같이 총 25개의 점광원으로 이루어진 패턴의 경우, 영상 획득 모듈(410)은 25개의 영상을 획득하는 것이다. 25개의 점광원의 위치가 상이하므로, 영상 획득 모듈(410)은 서로 다른 25개의 각도에서 조명을 제공받아 25개의 영상을 획득하는 것이다.
- [0059] 영상 획득 모듈(410)은 조명 각도별 영상을 다수개 획득하도록 카메라를 제어하는 것이며, 영상 획득 모듈(410)을 통해 카메라에서 획득된 조명 각도별 영상은 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈(420)로 제공된다.
- [0060] 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈(420)은 스마트폰의 카메라를 통해 획득된 다수의 조명 각도별 영상을 이용하여 푸리에 타이코그래피 영상을 복원한다.
- [0061] 광학계 시스템에서는 대물렌즈의 개구수에 따라 이미지 획득 시스템의 대역폭이 결정되고, 대역폭에 비례해 획득한 이미지의 해상도가 결정된다. 또한, 점광원의 조사 각도에 따라 대역폭의 중심축이 변화한다. i 번째 이미지를 촬영할 경우 x 축으로 부터의 조사 각도를 α_i , y 축으로 부터의 조사 각도를 β_i 라고 할 때 $\sin(\alpha_i)$, $\sin(\beta_i)$ 의 값에 비례하여 물체의 공간 주파수에 대한 대역폭의 중심축이 평행이동한다. 대역폭의 중심축이 이동하며 각 이미지에는 물체의 서로 다른 공간 주파수에 대한 정보가 담겨 있게 된다. 푸리에 타이코그래피 영상 복원은 해당 정보를 활용하여 iterative phase retrieval이라는 화질 향상 알고리즘을 적용해 더 넓은 합성 대역폭의 고해상도 물체 정보를 복원하는 것이다. 이때 합성 대역폭의 향상은 최대 조사 각도에 따라 결정되고, 스캐닝 패턴에 따라 복원되는 정도가 달라진다.
- [0062] 한편, 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 패턴을 이용하여 푸리에 타이코그래피 영상을 복원할 수도 있다. 예를 들어, 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈(420)은 도 5에 도시된 바와 같은 패턴에 따라 조명 각도별 영상을 획득하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원한다. 제1 푸리에 타이코그래피 영상이 복원된 후, 도 5에 도시된 바와 같은 패턴과는 다른 패턴(점광원들의 위치가 다른 패턴)에 따라 조명 각도별 영상을 획득하여 제2 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하는 것이다. 이와 같은 방식으로, 푸리에 타이코그래피 영상 복원 모듈(420)은 복수의 패턴에 대해 복수의 푸리에 타이코그래피 영상을 복원할 수도 있을 것이다.
- [0063] 한편, 패턴은 점광원의 위치뿐만 아니라 점광원의 형태 및 컬러를 서로 달리할 수도 있을 것이다. 앞서 설명한 원형 및 타원뿐만 아니라 점광원의 다양한 형상이 점광원에 적용될 수 있을 것이며, 각 패턴의 점광원은 서로 다른 컬러로 설정될 수도 있을 것이다.
- [0064] 화질 평가 모듈(430)은 복수의 패턴을 이용하여 복수의 푸리에 타이코그래피 영상들이 복원될 때 각 푸리에 타이코그래피 영상들의 화질을 평가한다. 화질 평가 모듈(430)은 기존에 알려진 화질 평가 알고리즘을 이용하여 이루어질 수 있을 것이며, 화질 평가는 일반적인 기술이기에 이에 대한 상세한 설명은 생략한다. 화질 평가 모듈(430)은 등급 또는 스코어와 같은 방식으로 각 푸리에 타이코그래피 영상의 화질을 평가할 수 있을 것이다.
- [0065] 복수의 패턴을 이용하여 복수의 푸리에 타이코그래피 영상들이 복원되고 각 푸리에 타이코그래피 영상의 화질이

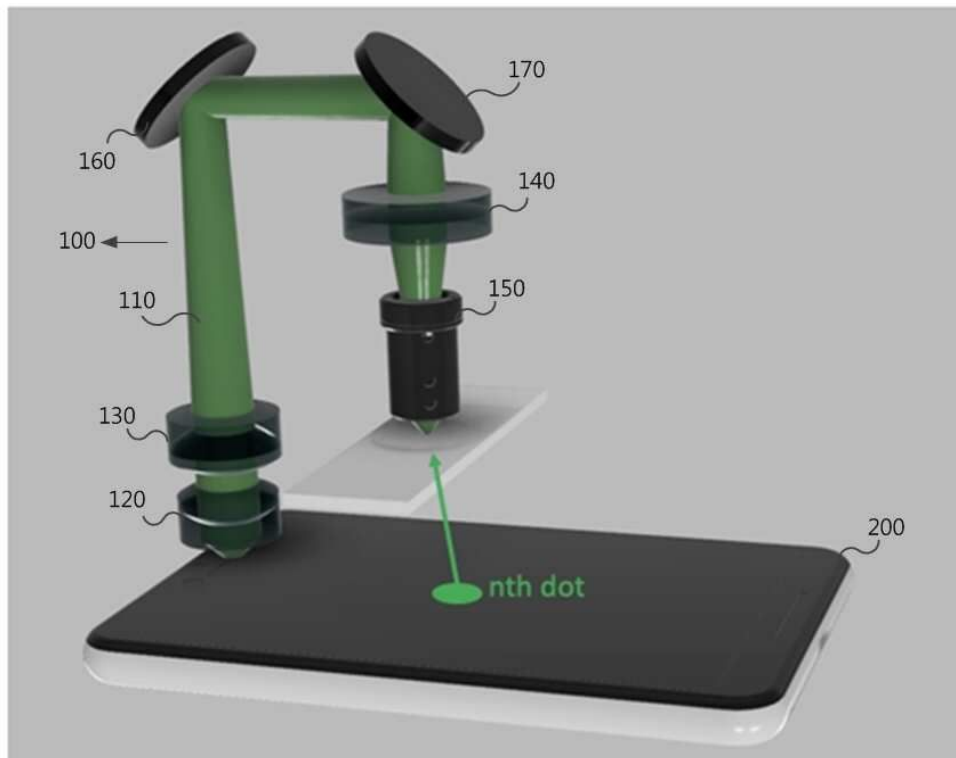
평가된 후, 영상 선택 모듈(440)은 가장 좋은 화질을 가지는 푸리에 타이코그래피 영상을 선택하고, 선택된 영상을 최종 영상으로 출력한다.

- [0066] 종래와 같이 조명계를 이용하여 특정 각도의 조명을 제공하게 될 경우 패턴을 자유롭게 변경하는 자유도에 있어 제약이 있다. 그러나, 본 발명은 스마트폰의 디스플레이를 푸리에 타이코그래피 영상 복원을 위한 조명으로 사용하므로 점광원의 패턴을 변경하는 자유도에 제약이 없으므로 복수의 패턴을 이용하는 것이 가능하고, 복수의 패턴 중 가장 높은 화질을 제공하는 푸리에 타이코그래피 영상을 선택할 수 있으므로 푸리에 타이코그래피 영상 복원 성능을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0067] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 디스플레이에 표시되는 점광원 패턴의 일례를 나타낸 도면이다.
- [0068] 도 5를 통해 살펴본 제1 실시예에 따른 점광원 패턴은 복수의 점광원 각각의 크기가 동일하였다. 그런데 도 6에 도시된 제2 실시예에 따른 점광원 패턴은 각 점광원의 크기가 동일하지 않다.
- [0069] 도 6에서, 중앙에 위치한 제1 점광원(600)은 샘플 시료와 상하로 정렬되는 위치에 형성되는 점광원이다. 제1 점광원(600)은 다른 점광원에 비해 가장 작은 사이즈를 가지며, 다른 점광원들은 제1 점광원(600)에 비해 상대적으로 큰 사이즈를 가진다.
- [0070] 도 6을 참조하면, 다수의 점광원들 각각의 사이즈는 중앙에 위치한 제1 점광원(600)과의 거리에 기초하여 정해질 수 있다. 제1 점광원과 거리가 먼 점광원들은 상대적으로 큰 사이즈를 가지고, 제1 점광원과 거리가 가까운 점광원들은 상대적으로 작은 사이즈를 가진다.
- [0071] 각각의 점광원의 위치가 상이하므로 점광원으로부터 샘플 시료의 거리 역시 상이하다. 본원발명의 발명자의 연구에 의하면, 정확한 푸리에 타이코그래피 복원을 위해 조명의 각도는 상이하지만 동일한 강도의 조명이 제공될 때 보다 양호한 푸리에 타이코그래피 이미지 복원이 가능하다. 이를 위해 본 발명의 제2 실시예에 따른 패턴은 샘플 시료와의 거리를 고려하여 각 점광원의 사이즈를 결정하며, 샘플 시료와 가장 가까운 제1 점광원(600)이 가장 작은 사이즈를 가지고 제1 점광원으로부터 멀어질수록 점차 큰 사이즈를 가지도록 점광원들의 사이즈가 설정된다.
- [0072] 이와 같은 점광원의 사이즈 조정은 기존의 물리적 조명계를 이용한 방법에서는 적용되기 어려운 본 발명의 장점이며, 이러한 점광원의 사이즈 조절을 통해 거리의 차이에도 불구하고 균일한 강도의 조명이 제공될 수 있어 보다 양호한 푸리에 타이코그래피 이미지 복원이 가능해진다.
- [0073] 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 디스플레이에 표시되는 점광원 패턴의 일례를 나타낸 도면이다.
- [0074] 도 7을 참조하면, 중앙에 위치하는 제1 점광원(700)은 샘플 시료와 상하로 정렬되는 위치에 형성되는 점광원이며, 제1 점광원(700)은 원형의 사이즈를 가지며 다른 점광원들과 비교할 때 가장 작은 사이즈를 가진다.
- [0075] 제3 실시예에 따른 패턴에서 점광원들의 사이즈가 다르게 설정될 뿐만 아니라 형상 역시 상이하게 설정된다. 제1 점광원(700)을 제외한 다른 점광원들의 적어도 일부는 타원형의 형상을 가지고 있다.
- [0076] 점광원들의 형상 및 사이즈는 제1 점광원(700)과의 이격 방향 및 이격 거리에 기초하여 결정한다.
- [0077] 제2 실시예와 같이, 제1 점광원으로부터 상대적으로 멀리 떨어진 점광원들은 상대적으로 큰 사이즈를 가지며, 제1 점광원으로부터 상대적으로 가까운 위치한 점광원들은 상대적으로 작은 사이즈를 가진다.
- [0078] 점광원들의 형상은 제1 점광원(700)과의 이격 방향에 기초하여 결정한다. 제1 점광원(700)과 제1 방향(가로 방향)으로 이격된 제2 점광원(710)은 제1 방향으로 장축을 가진 타원의 형상을 가진다. 제1 점광원과 제1 방향으로 이격되고 제2 점광원(710)에 비해 제1 점광원과 상대적으로 먼 거리에 위치한 제3 점광원(720)은 제1 방향으로 장축을 가진 타원의 형상을 가지며, 제2 점광원(710)과 비교할 때 장축의 길이가 길다.
- [0079] 한편, 제1 점광원(700)과 제1 방향(가로 방향)과 직교하는 제2 방향(세로 방향)으로 이격된 제4 점광원(730)은 제2 방향으로 장축을 가진 타원의 형상을 가진다.
- [0080] 제1 점광원(700)과의 이격 방향을 고려하여 점광원들의 형상을 설정하는 것은 이격 방향을 고려하여 타원 형상으로 점광원의 형태를 설정할 때 각 점광원별로 균일한 강도의 조명을 제공하기에 적합하기 때문이다.
- [0081] 본 발명은 스마트폰의 디스플레이를 이용하여 점광원들을 형성하기에 크기 및 형상을 자유롭게 조절할 수 있으며, 이러한 자유도를 통해 보다 균일한 강도의 조명을 각도별로 제공할 수 있어 물리적 조명계를 이용하는 경우에 비해 양호한 푸리에 타이코그래피 영상을 복원할 수 있다.

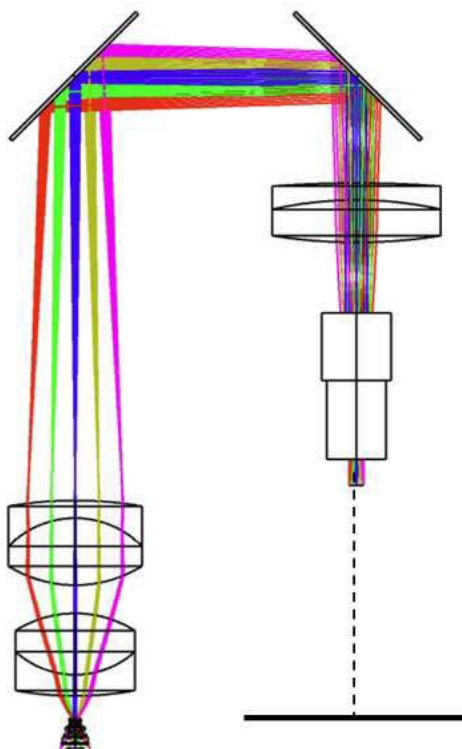
- [0082] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트폰을 이용한 푸리에 이미지 획득 방법의 전체적인 흐름을 나타낸 순서도이다.
- [0083] 우선 어플리케이션이 설치된 스마트폰(200)을 광학계 장치(100)와 결합시킨다(단계 800). 도 1에 도시된 바와 같이 스마트폰(200)을 광학계 장치(100) 하부에 위치시키고 스마트폰(200)의 카메라가 광학계 장치(100)의 광경로부와 결합되도록 한다. 스마트폰(200)의 디스플레이와 샘플 시료 거치대는 서로 대향하도록 위치되어 스마트폰(200)의 디스플레이를 통해 조명을 샘플 시료에 제공할 수 있도록 스마트폰(200)이 광학계 장치(100)에 결합된다.
- [0084] 스마트폰(200)과 광학계 장치(100)와의 결합이 이루어지면, 스마트폰에 설치된 어플리케이션은 미리 설정된 제1 패턴에 기초하여 순차적으로 점광원에 의한 조명을 제공한다(단계 802).
- [0085] 앞서 설명한 제1 실시예와 같이 패턴에 포함된 서로 다른 위치의 점광원들을 미리 설정된 시간 간격에 따라 순차적으로 활성화시키면서 서로 다른 각도의 조명을 제공한다.
- [0086] 제2 실시예 및 제3 실시예와 같이, 시료와 상하로 정렬되는 제1 점광원에 비해 다른 점광원들은 사이즈 및 형태가 상이할 수 있으며, 서로 다른 위치의 점광원에 의해 조명이 제공되더라도 균일한 강도의 조명이 제공될 수 있도록 각 점광원의 사이즈 및 형태를 설정하는 것이 바람직하다.
- [0087] 단계 802에서 순차적으로 점광원에 의해 조명이 제공될 때마다 조명 각도별 영상을 스마트폰의 카메라를 통해 획득하도록 스마트폰을 제어한다(단계 804).
- [0088] 조명 각도별로 다수의 영상이 획득되면, 획득된 조명 각도별 영상들을 이용하여 제1 푸리에 타이코그래피 영상을 복원한다(단계 806).
- [0089] 제1 푸리에 타이코그래피 영상이 복원되면, 복원된 제1 푸리에 타이코그래피 영상에 대한 화질을 평가한다(단계 808).
- [0090] 위의 단계 802 단계 단계 808은 미리 준비된 N개의 패턴에 대해 반복적으로 이루어지며, 각 패턴별로 푸리에 타이코그래피 영상을 복원하여 N개의 푸리에 타이코그래피 영상이 복원되며, 각 푸리에 타이코그래피 영상별로 화질 평가가 이루어진다.
- [0091] 각 푸리에 타이코그래피 영상별로 화질 평가가 이루어지면, 가장 좋은 화질의 푸리에 타이코그래피 영상을 선택한다(단계 810).
- [0092] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.
- [0093] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.
- [0094] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

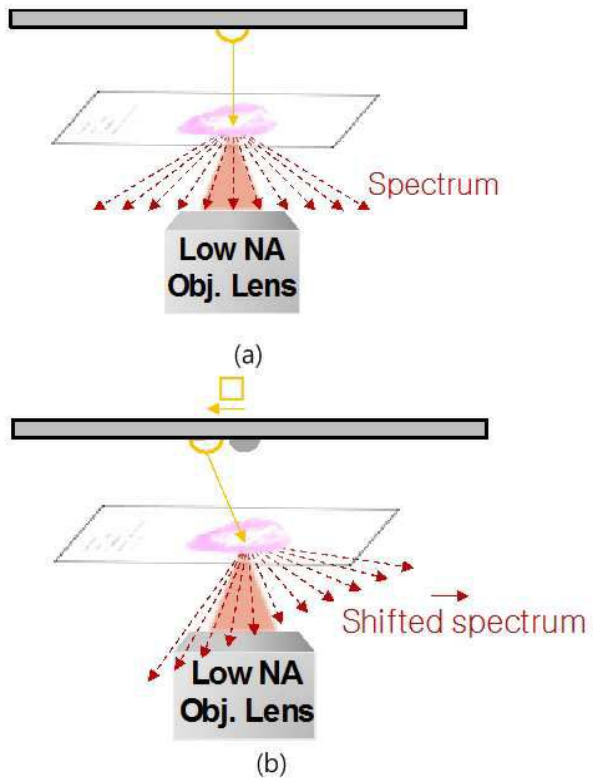
도면1



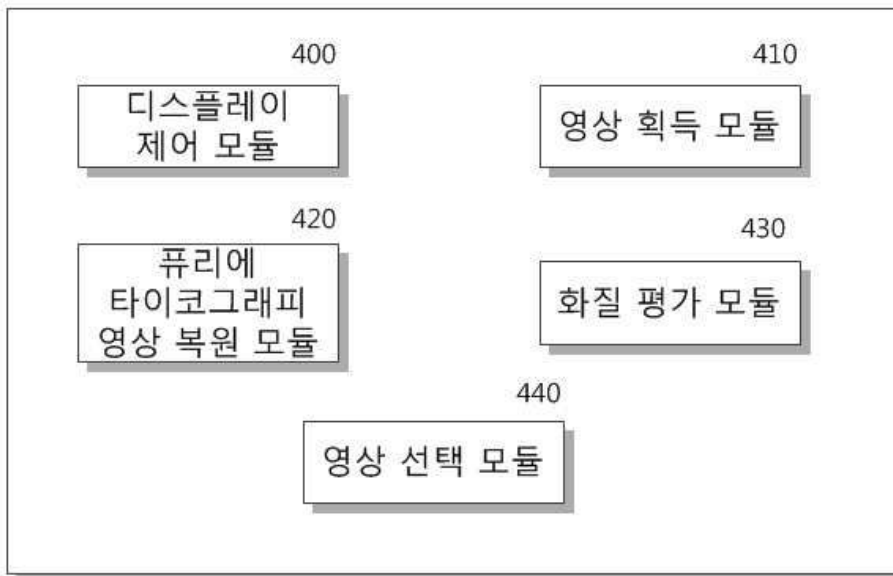
도면2



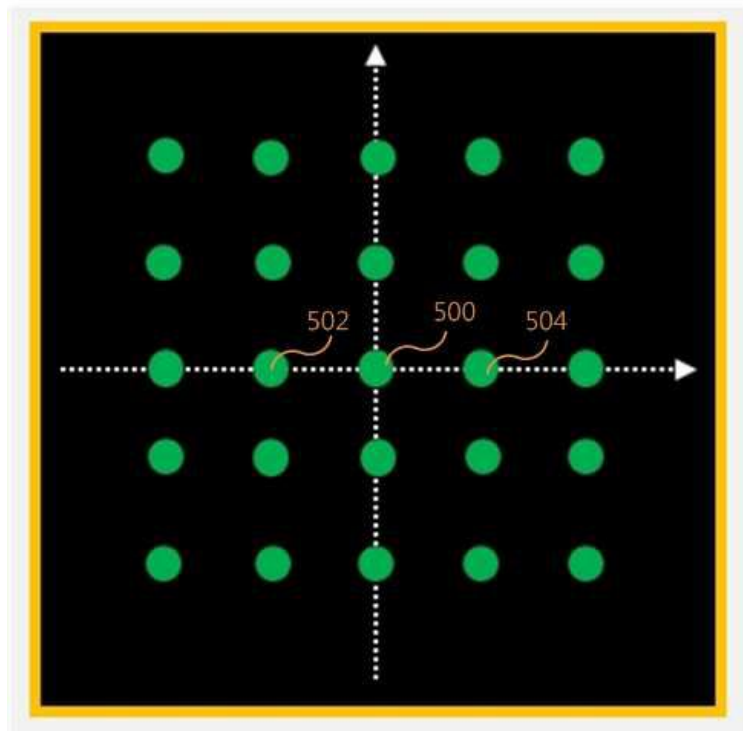
도면3



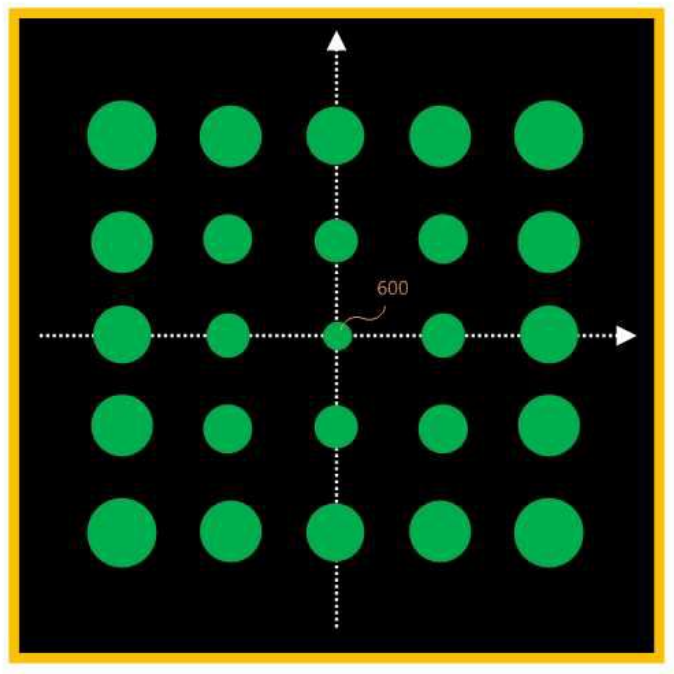
도면4



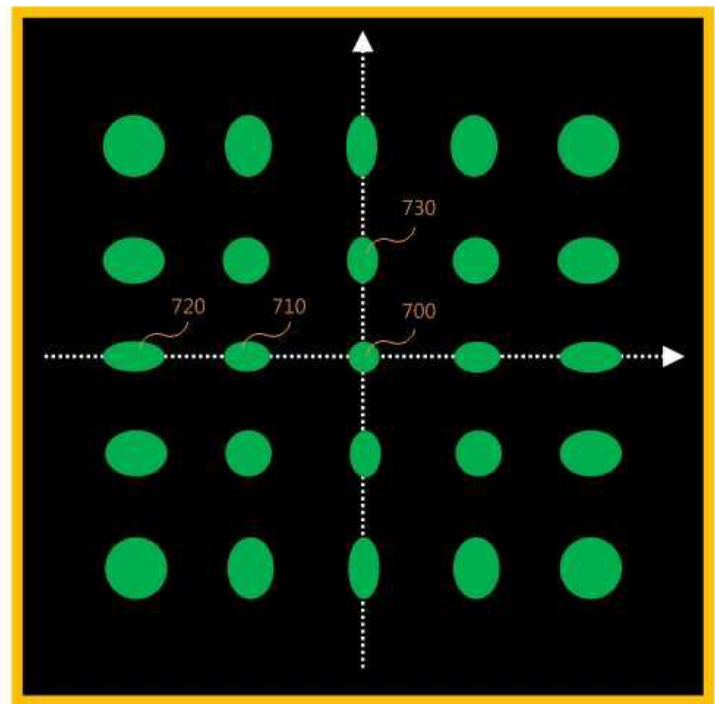
도면5



도면6



도면7



도면8

