



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0122169
(43) 공개일자 2022년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/17 (2006.01) G01N 21/45 (2006.01)

G01N 21/59 (2006.01) G01N 33/48 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/17 (2013.01)

G01N 21/45 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0026443

(22) 출원일자 2021년02월26일

심사청구일자 2021년02월26일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김동현

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 723호

임성민

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 공학원 263호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

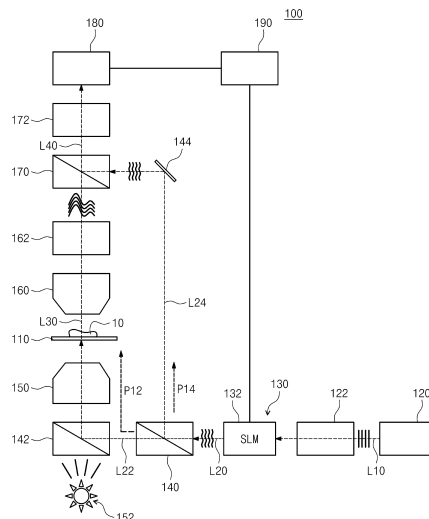
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 광 주사 기반의 정량 위상 이미징 장치 및 방법

(57) 요약

시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의 형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 정량 위상 이미지를 생성하는 정량 위상 이미징 장치 및 정량 위상 이미징 방법이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치는: 관찰 대상인 시료를 고정하기 위한 기관; 상기 시료를 관찰하기 위한 광을 제공하는 광원; 상기 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 상기 광원으로부터 제공되는 광의 형태를 변화시켜 참조광을 생성하는 광 변조기; 상기 참조광을 상기 시료를 경유하는 제1 광 경로를 향하는 제1 참조광과, 상기 시료를 경유하지 않는 제2 광 경로를 향하는 제2 참조광으로 분기시키는 빔 스플리터; 및 상기 제1 광 경로에서 상기 제1 참조광이 상기 시료를 투과하여 생성되는 시료광과, 상기 제2 광 경로를 따라 상기 시료를 투과하지 않은 채로 전달되는 상기 제2 참조광 간의 간섭광을 검출하는 검출기;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 21/59 (2013.01)

G01N 33/48 (2019.01)

G01N 2201/10 (2013.01)

(72) 발명자

이흥기

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 공학
원 263호

고관휘

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 공학
원 263호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711112919

과제번호 2019R1A4A1025958

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 집단연구지원(R&D)

연구과제명 고스트 영상기법을 활용한 인체모사형 장뇌축 마이크로바이옴 연구

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991006761

과제번호 202011D25-01

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 (재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단

연구사업명 범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)

연구과제명 (주관)퇴행성뇌질환의 정밀수술적용을 위한 원인물질 및 신경세포활성 변화 모니터

링 라만 분자영상 시스템 핵심기술개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교산학협력단

연구기간 2020.09.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

관찰 대상인 시료를 고정하기 위한 기관;

상기 시료를 관찰하기 위한 광을 제공하는 광원;

상기 시료의 관찰 대상체의 형태에 따라 상기 광원으로부터 제공되는 광의 형태를 변화시켜 참조광을 생성하는 광 변조기;

상기 참조광을 상기 시료를 경유하는 제1 광 경로를 향하는 제1 참조광과, 상기 시료를 경유하지 않는 제2 광 경로를 향하는 제2 참조광으로 분기시키는 빔 스플리터; 및

상기 제1 광 경로에서 상기 제1 참조광이 상기 시료를 투과하여 생성되는 시료광과, 상기 제2 광 경로를 따라 상기 시료를 투과하지 않은 채로 전달되는 상기 제2 참조광 간의 간섭광을 검출하는 검출기;를 포함하는, 정량 위상 이미징 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광 변조기는 공간 광 변조기를 포함하는 정량 위상 이미징 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광 변조기는 디지털 미소 반사 표시기를 포함하는 정량 위상 이미징 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 관찰 대상체의 형태를 결정하고, 상기 관찰 대상체의 형태에 따라 상기 참조광의 형상을 결정하여 상기 광 변조기를 제어하는 제어부;를 더 포함하는 정량 위상 이미징 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어부는:

상기 관찰 대상체의 형태를 복수의 대표 형상 중 어느 하나의 대표 형상으로 분류하고;

분류된 대표 형상에 따라 상기 광으로부터 변조될 복수의 참조광의 형상을 결정하고; 그리고

상기 광 변조기가 순차적으로 상기 복수의 참조광의 형상으로 광을 변조하도록 상기 광 변조기를 제어하는 정량 위상 이미징 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어부는 상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 원 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 나선 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정하는 정량 위상 이미징 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제어부는 상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 사각 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 직선 라인 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정하는 정량 위상 이미징 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 정량 위상 이미징 장치를 이용하여 시료의 관찰 대상체에 대한 영상을 생성하는 정량 위상 이미징 방법으로서,

광 변조기에 의해, 상기 시료의 관찰 대상체의 형태에 따라 광원으로부터 제공되는 광의 형태를 변화시켜 참조광을 생성하는 단계;

빔 스플리터에 의해, 상기 참조광을 상기 시료를 경유하는 제1 광 경로를 향하는 제1 참조광과, 상기 시료를 경유하지 않는 제2 광 경로를 향하는 제2 참조광으로 분기시키는 단계; 및

검출기에 의해, 상기 제1 광 경로에서 상기 제1 참조광이 상기 시료를 투과하여 생성되는 시료광과, 상기 제2 광 경로를 따라 상기 시료를 투과하지 않은 채로 전달되는 상기 제2 참조광 간의 간섭광을 검출하는 단계;를 포함하는, 정량 위상 이미징 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

제어부에 의해, 상기 관찰 대상체의 형태를 결정하고, 상기 관찰 대상체의 형태에 따라 상기 참조광의 형상을 결정하여 상기 광 변조기를 제어하는 단계;를 더 포함하는 정량 위상 이미징 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 광 변조기를 제어하는 단계는:

상기 관찰 대상체의 형태를 복수의 대표 형상 중 어느 하나의 대표 형상으로 분류하는 단계;

분류된 대표 형상에 따라 상기 광으로부터 변조될 복수의 참조광의 형상을 결정하는 단계; 및

상기 광 변조기가 순차적으로 상기 복수의 참조광의 형상으로 광을 변조하도록 상기 광 변조기를 제어하는 단계;를 포함하는 정량 위상 이미징 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 광 변조기를 제어하는 단계는:

상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 원 형상으로 분류되는 경우, 서로 중첩되지 않는 나선 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정하는 단계;를 포함하는 정량 위상 이미징 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 광 변조기를 제어하는 단계는:

상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 사각 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 직선 라인 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정하는 단계;를 포함하는 정량 위상 이미징 방법.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 광 변조기는 공간 광 변조기를 포함하는 정량 위상 이미징 방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 광 변조기는 디지털 미소 반사 표시기를 포함하는 정량 위상 이미징 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 정량 위상 이미징 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의 형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 정량 위상 이미지를 생성하는 광 주사 기반의 정량 위상 이미징 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 생물학적 관점에서 정량 위상 이미징 기술의 발전은 주로 살아있는 세포와 조직의 형태학적 관찰을 위해 연구되어 왔다. 정량 위상 이미징 기술에 의하면, 염색이나 플라즈마 주입 등의 전처리 과정이 없이 변형되지 않은 세포를 정량적으로 관찰할 수 있다.

[0003] 영상의 획득 시간이 개선될수록 단시간 동안 일어나는 세포의 변화를 더 세부적으로 관찰할 수 있으며 세포에 가해지는 부담도 줄어들게 된다. 따라서, 세포학적 관점의 정량 위상 이미징 기술에 있어서 스캔 방식의 향상은 핵심적 과제이다.

[0004] 정량 위상 이미징 장치 중 2차원 정량 위상 현미경은 스캔을 통해 2D 영상을 획득하는데, 주로 공초점 현미경 구조와 원통형 렌즈를 사용하여 일 자 형태의 라인 광을 시료에 쬔여 스캔하는 방식이 사용되어 왔다. 시료를 통과하며 산란된 광과, 원통형 렌즈를 통과한 참조광이 빔 스플리터에서 합쳐져 간섭 현상이 일어나게 되는데, 이를 검출기로 기록하여 이미지를 생성한다.

[0005] 그러나 이와 같은 종래의 라인-스캔 기반 정량 위상 이미징 장치는 일 자 형태의 광으로 스캔하는 방식이기에, 다양한 범위와 형태의 시료를 2차원으로 관측함에 있어 효율성이 떨어지는 한계를 가지고 있다. 또한, 종래의 라인-스캔 기반 정량 위상 이미징 장치는 스캔 광의 형태와 범위를 자유롭게 변화시킬 수 없으며, 효율적인 영상 스캔이 불가능한 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의 형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 정량 위상 이미지를 생성하는 광 주사 기반의 정량 위상 이미징 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명은 참조광의 형태와 범위를 자유롭게 변화시키는 임의 형태의 광 스캔에 의해 다양한 형태와 범위로 스캔이 가능하며 넓은 영역의 이미지 스캔에 소요되는 시간을 비약적으로 감소시킬 수 있는 광 주사 기반의 정량 위상 이미징 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치는: 관찰 대상인 시료를 고정하기 위한 기관; 상기 시료를 관찰하기 위한 광을 제공하는 광원; 상기 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 상기 광원으로부터 제공되는 광의 형태를 변화시켜 참조광을 생성하는 광 변조기; 상기 참조광을 상기 시료를 경유하는 제1 광 경로를 향하는 제1 참조광과, 상기 시료를 경유하지 않는 제2 광 경로를 향하는 제2 참조광으로 분기시키는 빔 스플리터; 및 상기 제1 광 경로에서 상기 제1 참조광이 상기 시료를 투과하여 생성되는 시료광과, 상기 제2 광 경로를 따라 상기 시료를 투과하지 않은 채로 전달되는 상기 제2 참조광 간의 간섭광을 검출하는 검출기;를 포함한다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 광 변조기는 공간 광 변조기를 포함할 수 있다.

[0010] 다른 일 실시예에서, 상기 광 변조기는 디지털 미소 반사 표시기를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치는: 상기 관찰 대상체의 형태를 결정하고, 상기 관찰 대상체의 형태에 따라 상기 참조광의 형상을 결정하여 상기 광 변조기를 제어하는 제어부;를 더 포함할 수 있다.

- [0012] 상기 제어부는: 상기 관찰 대상체의 형태를 복수의 대표 형상 중 어느 하나의 대표 형상으로 분류하고; 분류된 대표 형상에 따라 상기 광으로부터 변조될 복수의 참조광의 형상을 결정하고; 그리고 상기 광 변조기가 순차적으로 상기 복수의 참조광의 형상으로 광을 변조하도록 상기 광 변조기를 제어할 수 있다.
- [0013] 상기 제어부는 상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 원 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 나선 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정할 수 있다.
- [0014] 상기 제어부는 상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 사각 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 직선 라인 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법은: 상기 정량 위상 이미징 장치를 이용하여 시료의 관찰 대상체에 대한 영상을 생성하는 정량 위상 이미징 방법으로서, 광 변조기에 의해, 상기 시료의 관찰 대상체의 형태에 따라 광원으로 부터 제공되는 광의 형태를 변화시켜 참조광을 생성하는 단계; 빔 스플리터에 의해, 상기 참조광을 상기 시료를 경유하는 제1 광 경로를 향하는 제1 참조광과, 상기 시료를 경유하지 않는 제2 광 경로를 향하는 제2 참조광으로 분기시키는 단계; 및 검출기에 의해, 상기 제1 광 경로에서 상기 제1 참조광이 상기 시료를 투과하여 생성되는 시료광과, 상기 제2 광 경로를 따라 상기 시료를 투과하지 않은 채로 전달되는 상기 제2 참조광 간의 간섭광을 검출하는 단계;를 포함한다.
- [0016] 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법은: 제어부에 의해, 상기 관찰 대상체의 형태를 결정하고, 상기 관찰 대상체의 형태에 따라 상기 참조광의 형상을 결정하여 상기 광 변조기를 제어하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 광 변조기를 제어하는 단계는: 상기 관찰 대상체의 형태를 복수의 대표 형상 중 어느 하나의 대표 형상으로 분류하는 단계; 분류된 대표 형상에 따라 상기 광으로부터 변조될 복수의 참조광의 형상을 결정하는 단계; 및 상기 광 변조기가 순차적으로 상기 복수의 참조광의 형상으로 광을 변조하도록 상기 광 변조기를 제어하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 광 변조기를 제어하는 단계는: 상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 원 형상으로 분류되는 경우, 서로 중첩되지 않는 나선 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 광 변조기를 제어하는 단계는: 상기 관찰 대상체의 형태가 상기 복수의 대표 형상 중 사각 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 직선 라인 형상의 참조광들을 상기 복수의 참조광의 형상으로 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 실시예에 의하면, 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의 형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 다양한 범위와 형태의 정량적 위상 신호를 수집하여 정량 위상 이미지를 생성할 수 있는 광 주사 기반의 정량 위상 이미징 장치 및 방법이 제공된다.
- [0021] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 참조광의 형태와 범위를 자유롭게 변화시키는 임의 형태의 광 스캔에 의해 다양한 형태와 범위로 시료 내 관찰 대상체의 스캔이 가능하며, 넓은 영역의 이미지 스캔에 소요되는 시간을 비약적으로 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법의 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법의 순서도이다.
- 도 5 및 도 6은 도 4의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법을 보다 구체적으로 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구

현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0024] 어떤 구성요소와 다른 구성요소의 사이에는 또 다른 구성요소가 개재될 수 있다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다. 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치(100)는 기관(110), 광원(120), 제1 광학계(122), 광 변조기(130), 제1 빔 스플리터(140), 제2 빔 스플리터(142), 제1 대물 렌즈(150), 제2 대물 렌즈(160), 제2 광학계(162), 제3 빔 스플리터(170), 제3 광학계(172), 검출기(180), 및 제어부(190)를 포함할 수 있다.
- [0026] 기관(110)은 관찰 대상인 시료(10)를 고정하기 위한 베이스로 기능한다. 시료(10)는 예를 들어, 세포, 혈액, 조직, 그 밖의 다양한 관찰 대상체를 포함할 수 있다. 기관(110)은 시료(10)가 놓여지는 지지체를 포함할 수 있으며, 광이 투과될 수 있는 투명한 재질로 이루어질 수 있다. 기관(110)은 일 예로 유리와 같은 재질이 사용될 수 있다.
- [0027] 광원(120)은 시료(10)의 관찰 대상체를 관찰하기 위한 광(L10)을 제공할 수 있다. 즉, 광원(120)은 시료(10)의 관찰 대상체에 대한 영상을 획득하기 위한 광, 예를 들어, 레이저 광을 제공할 수 있다. 광원(120)에서 출력된 광(L10)은 제1 광학계(122)를 통해 광 변조기(130)로 입사될 수 있다. 제1 광학계(122)는 미러, 렌즈 등의 광학소자를 포함할 수 있다.
- [0028] 광 변조기(130)는 시료(10)의 관찰 대상체의 형태에 따라 광원(120)으로부터 제공되는 광(L10)의 형태를 변화시켜 참조광(L20)을 생성할 수 있다. 다시 말해, 광 변조기(130)에 의해 생성되는 참조광(L20)의 형상은 시료(10)의 관찰 대상체의 형태에 따라 변화될 수 있다.
- [0029] 일 예로, 시료(10)의 관찰 대상체의 형태가 원 형상인 경우, 광 변조기(130)는 광(L10)의 형상을 하나 이상의 나선 형상으로 변조하여 나선 형상을 가지는 참조광(L20)을 생성하여 출력할 수 있다.
- [0030] 다른 예로, 시료(10)의 관찰 대상체의 형태가 사각 형상인 경우, 광 변조기(130)는 광(L10)의 형상을 복수의 라인 형상으로 변조하여 라인 형상을 가지는 참조광(L20)을 생성하여 출력할 수 있다.
- [0031] 도 1에 도시된 실시예에서, 광 변조기(130)는 광(L10)의 형상을 변조하는 공간 광 변조기(SLM; Spatial Light Modulator)(132)를 포함할 수 있다. 공간 광 변조기(132)에 광이 인가되어 통과할 경우 위상이 변조된 광이 방출되며, 이를 통해 광을 특정한 범위와 형태로 시료(10)에 통과시킬 수 있다. 광 변조기(130)에 의해 생성된 참조광(L20)은 제1 빔 스플리터(140)로 입사될 수 있다.
- [0032] 제1 빔 스플리터(140)는 광 변조기(130)에 의해 생성된 참조광(L20)을 시료(10)를 경유하는 제1 광 경로(P12)를 향하는 제1 참조광(L22)과, 시료(10)를 경유하지 않는 제2 광 경로(P14)를 향하는 제2 참조광(L24)으로 분기시킬 수 있다.
- [0033] 도시된 실시예에서, 제1 참조광(L22)은 참조광(L20) 중 제1 빔 스플리터(140)를 투과한 광이고, 제2 참조광(L24)은 참조광(L20) 중 제1 빔 스플리터(140)에서 반사된 광이지만, 제1 빔 스플리터(140)에서 반사된 광을 제1 광 경로(P12)로 향하게 하고, 제1 빔 스플리터(140)를 투과한 광을 제2 광 경로(P14)로 향하게 할 수도 있다.
- [0034] 제1 참조광(L22)은 제1 광 경로(P12)를 따라서 제2 빔 스플리터(142)로 입사될 수 있다. 제2 빔 스플리터(142)는 제1 참조광(L22)을 시료(10)를 향하여 반사시킬 수 있다. 또한, 제2 빔 스플리터(142)는 백색 광원(152)에 의해 제공되는 백색광을 시료(10)를 향하여 투과할 수 있다.
- [0035] 도시된 실시예에서, 제1 참조광(L22) 중 제2 빔 스플리터(142)에서 반사된 광이 시료(10)로 입사되고, 백색광이 제2 빔 스플리터(142)를 투과하여 시료(10)로 입사되고 있지만, 제1 참조광(L22) 중 제2 빔 스플리터(142)를 투과된 광이 시료(10)로 입사되게 하고, 백색광이 제2 빔 스플리터(142)에서 반사되어 시료(10)로 입사되게 할 수도 있다.
- [0036] 제1 대물 렌즈(150)는 제2 빔 스플리터(142)에서 반사된 제1 참조광(L22)과, 제2 빔 스플리터(142)를 투과한 백색광을 기관(110) 상에 지지된 시료(10)로 집광할 수 있다.

- [0037] 제1 광 경로(P12)에서 제1 참조광(L22)이 시료(10)를 투과하여 생성되는 시료광(L30)은 제2 대물렌즈(160)로 입사되어 집광될 수 있다. 제2 대물렌즈(160)로 집광된 시료광(L30)은 제2 광학계(162)를 통해 제3 빔 스플리터(170)로 전달될 수 있다. 제2 광학계(162)는 미러, 렌즈 등의 광학 소자를 포함할 수 있다.
- [0038] 제1 빔 스플리터(140)에서 반사된 제2 참조광(L24)은 제2 광 경로(P14)를 전달될 수 있다. 제2 참조광(L24)은 시료(10)를 투과하지 않은 채로 제2 광 경로(P14)를 통해 전달되고 반사경(144)에 의해 반사되어 제3 빔 스플리터(170)로 입사될 수 있다.
- [0039] 제3 빔 스플리터(170)는 제1 광 경로(P12)를 통해 입사되는 시료광(L30)을 투과하고, 제2 광 경로(P14)를 통해 입사되는 제2 참조광(L24)을 반사할 수 있다. 이와 달리, 제3 빔 스플리터(170)는 제1 광 경로(P12)를 통해 입사되는 시료광(L30)을 반사하여 검출기(180)로 입사되도록 하고, 제2 광 경로(P14)를 통해 입사되는 제2 참조광(L24)을 투과하여 검출기(180)로 입사되도록 할 수도 있다.
- [0040] 제3 빔 스플리터(170)에서 반사된 제2 참조광(L24)과, 제3 빔 스플리터(170)를 투과한 시료광(L30)은 제3 광학계(172)를 통해 검출기(180)로 입사될 수 있다. 제3 광학계(172)는 미러 또는 렌즈 등으로 구성될 수 있다.
- [0041] 검출기(180)는 제1 광 경로(P12)를 따라 시료(10)를 투과한 시료광(L30)과, 제2 광 경로(P14)를 따라 시료(10)를 투과하지 않은 채로 전달되는 제2 참조광(L24) 간의 간섭광(L40)을 검출할 수 있다. 검출기(180)는 전하결합소자(CCD; Charge-Coupled Device) 이미지 센서, 상보형금속산화반도체(CMOS; complementary metal-oxide semiconductor) 이미지 센서 등으로 구성될 수 있다.
- [0042] 제어부(190)는 검출기(180)에 의해 검출된 시료광(L30)과 제2 참조광(L24) 간의 간섭광(L40)을 기반으로 시료(10) 내 관찰 대상체에 대한 이미지를 생성하도록 검출기(180)를 제어할 수 있다. 간섭광(L40)을 기반으로 이미지를 생성하는 과정은 본 발명의 기술 분야에서 알려져 있으므로, 본 발명의 요지가 흐려지지 않도록 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0043] 제어부(190)는 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태를 결정하고, 관찰 대상체의 형태에 따라 참조광의 형상을 결정하여 광 변조기(130)를 제어할 수 있다. 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태는 사용자의 입력에 따라 결정되거나, 사용자에 의해 입력되는 시료(10)의 종류에 따라 결정될 수 있다.
- [0044] 일 실시예에서, 다양한 시료(10)의 종류별 관찰 대상체의 형태가 메모리(도시 생략)에 저장될 수 있다. 제어부(190)는 시료(10)의 종류에 대응되는 관찰 대상체의 형태 및/또는 참조광의 타겟 형상을 메모리에서 독출하고, 독출한 참조광의 타겟 형상에 따라 광(L10)의 형상을 변조하도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0045] 제어부(190)는 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태를 복수의 대표 형상 중 어느 하나의 대표 형상으로 분류하고, 분류된 대표 형상에 따라 광(L10)으로부터 변조될 복수의 참조광의 형상을 결정할 수 있다. 이후, 제어부(190)는 광 변조기(130)가 순차적으로 복수의 참조광의 형상으로 광을 변조하도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0046] 일 실시예에서, 제어부(190)는 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태가 복수의 대표 형상 중 원 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 나선 형상의 참조광들을 결정하고, 광(L10)이 나선 형상의 참조광들(L20)로 변조되도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0047] 다른 실시예로, 제어부(190)는 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태가 복수의 대표 형상 중 사각 형상으로 분류되는 경우 서로 중첩되지 않는 직선 라인 형상의 참조광들을 결정하고, 광(L10)이 직선 라인 형상의 참조광들(L20)로 변조되도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0048] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치에 의하면, 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의 형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 정량 위상 이미지를 생성함으로써, 다양한 형태와 범위로 스캔이 가능하며 넓은 영역의 이미지 스캔에 소요되는 시간을 비약적으로 감소시킬 수 있다.
- [0049] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치의 구성도이다. 도 2의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치(100)를 설명함에 있어서 앞서 설명한 도 1의 실시예와 동일하거나 상응하는 구성요소에 대한 중복되는 설명은 생략될 수 있다.
- [0050] 도 2의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치(100)는 광원(120)에서 출력된 광(L10)의 형상을 변조하여 참조광(L20)을 생성하는 광 변조기(130)가 디지털 미소 반사 표시기(DMD; Digital Micromirror Device)(134)로 구현되는 점에서, 앞서 설명한 실시예와 차이가 있다.
- [0051] 도 1과 유사하게, 도 2의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치는 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의

형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 정량 위상 이미지를 생성함으로써, 다양한 형태와 범위로 스캔이 가능하며 넓은 영역의 이미지 스캔에 소요되는 시간을 비약적으로 감소시킬 수 있는 효과를 제공한다.

- [0052] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법의 순서도이다. 도 1 내지 도 3을 참조하면, 먼저 제어부(190)에 의해 시료(10)의 관찰 대상체의 형태를 결정하고, 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태에 따라 참조광의 형상을 결정하여 광 변조기(130)를 제어할 수 있다(S11, S12).
- [0053] 실시예에서, 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태는 사용자의 입력에 따라 결정되거나, 사용자에게 의해 입력되는 시료(10)의 종류에 따라 결정될 수 있다. 실시예에서, 제어부(190)는 시료(10)의 종류에 대응되는 관찰 대상체의 형태 및/또는 참조광의 타겟 형상을 메모리에서 독출하고, 독출한 참조광의 타겟 형상에 따라 광(L10)의 형상을 변조하도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0054] 광 변조기(130)는 시료(10)의 관찰 대상체의 형태에 따라 광원(120)으로부터 제공되는 광(L10)의 형태를 변화시켜 참조광(L20)을 생성할 수 있다(S13). 이에 따라, 광 변조기(130)에 의해 생성되는 참조광(L20)의 형상은 시료(10)의 관찰 대상체의 형태에 따라 변화될 수 있다.
- [0055] 일 예로, 시료(10)의 관찰 대상체의 형태가 원 형상인 경우, 광 변조기(130)는 광(L10)의 형상을 하나 이상의 나선 형상으로 변조하여 나선 형상을 가지는 참조광(L20)을 생성하여 출력할 수 있다.
- [0056] 다른 예로, 시료(10)의 관찰 대상체의 형태가 사각 형상인 경우, 광 변조기(130)는 광(L10)의 형상을 복수의 라인 형상으로 변조하여 라인 형상을 가지는 참조광(L20)을 생성하여 출력할 수 있다.
- [0057] 이때, 광 변조기(130)는 광(L10)의 형상을 변조하여 참조광(L20)을 생성하는 공간 광 변조기(SLM)(132) 및/또는 디지털 미소 반사 표시기(DMD)(134)를 포함할 수 있다.
- [0058] 광 변조기(130)에 의해 생성되는 참조광(L20)은 빔 스플리터(140, 142)에 의해, 시료(10)를 경유하는 제1 광 경로(P12)를 향하는 제1 참조광(L22)과, 시료(10)를 경유하지 않는 제2 광 경로(P14)를 향하는 제2 참조광(L24)으로 분기될 수 있다(S14).
- [0059] 검출기(180)는 제1 광 경로(P12)에서 제1 참조광(L22)이 시료(10)를 투과하여 생성되는 시료광(L30)과, 제2 광 경로(P14)를 따라 시료(10)를 투과하지 않은 채로 전달되는 제2 참조광(L24) 간의 간섭광(L40)을 검출할 수 있다(S15). 제어부(190)는 검출기(180)가 간섭광 검출 정보를 기반으로 관찰 대상체에 관한 영상을 생성하도록 검출기(180)를 제어할 수 있다(S16).
- [0060] 본 발명의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법에 의하면, 시료의 관찰 대상체의 형상에 따라 참조광의 형상을 변조하는 임의 형태의 광 스캔을 이용하여 정량 위상 이미지를 생성함으로써, 다양한 형태와 범위로 스캔이 가능하며 넓은 영역의 이미지 스캔에 소요되는 시간을 비약적으로 감소시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0061] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법의 순서도이다. 도 4의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법은 복수의 참조광을 순차적으로 생성하는 점을 제외하고, 도 3의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법과 유사하다. 도 4의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법의 단계 S21 내지 S26은 각각 도 3의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법의 단계 S11 내지 S16과 대응된다.
- [0062] 도 5 및 도 6은 도 4의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법을 보다 구체적으로 설명하기 위한 예시도이다. 도 1, 도 2, 도 4 내지 도 6을 참조하면, 도 4의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 방법은 제어부(190)에 의해 시료(10) 내 관찰 대상체의 형태를 복수의 대표 형상 중 어느 하나의 대표 형상으로 분류할 수 있다.
- [0063] 제어부(190)는 분류된 관찰 대상체의 대표 형상에 따라 광(L10)으로부터 변조될 복수의 참조광(L12, L14)의 형상을 결정하여, 광 변조기(130)가 순차적으로 복수의 참조광(L12, L14)의 형상으로 광을 변조하도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0064] 일 실시예에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 시료(10) 내 관찰 대상체(12)의 형태가 복수의 대표 형상 중 원 형상으로 분류되는 경우, 제어부(190)는 서로 중첩되지 않는 나선 형상의 참조광들(L12a, L12b)을 결정하고, 광(L10)이 나선 형상의 참조광들(L12a, L12b)로 변조되도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.
- [0065] 다른 실시예로, 도 6에 도시된 바와 같이, 시료(10) 내 관찰 대상체(14)의 형태가 복수의 대표 형상 중 사각 형상으로 분류되는 경우, 제어부(190)는 서로 중첩되지 않는 직선 라인 형상의 참조광들(L14a, L14b)을 결정하고, 광(L10)이 직선 라인 형상의 참조광들(L14a, L14b)로 변조되도록 광 변조기(130)를 제어할 수 있다.

[0066] 도 4 내지 도 6의 실시예에 따른 정량 위상 이미징 장치 및 정량 위상 이미징 방법에 의하면, 시료(10) 내 관찰 대상체(14)의 구조에 최적화된 참조광들(L12, L14)을 사용하여, 최소한의 스캔 횟수(도 5 및 도 6의 실시예에서는 2회)만으로 2차원 평면 이미지를 높은 신호 잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio)로 획득할 수 있는 효과가 제공된다.

[0067] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

[0068] 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다. 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

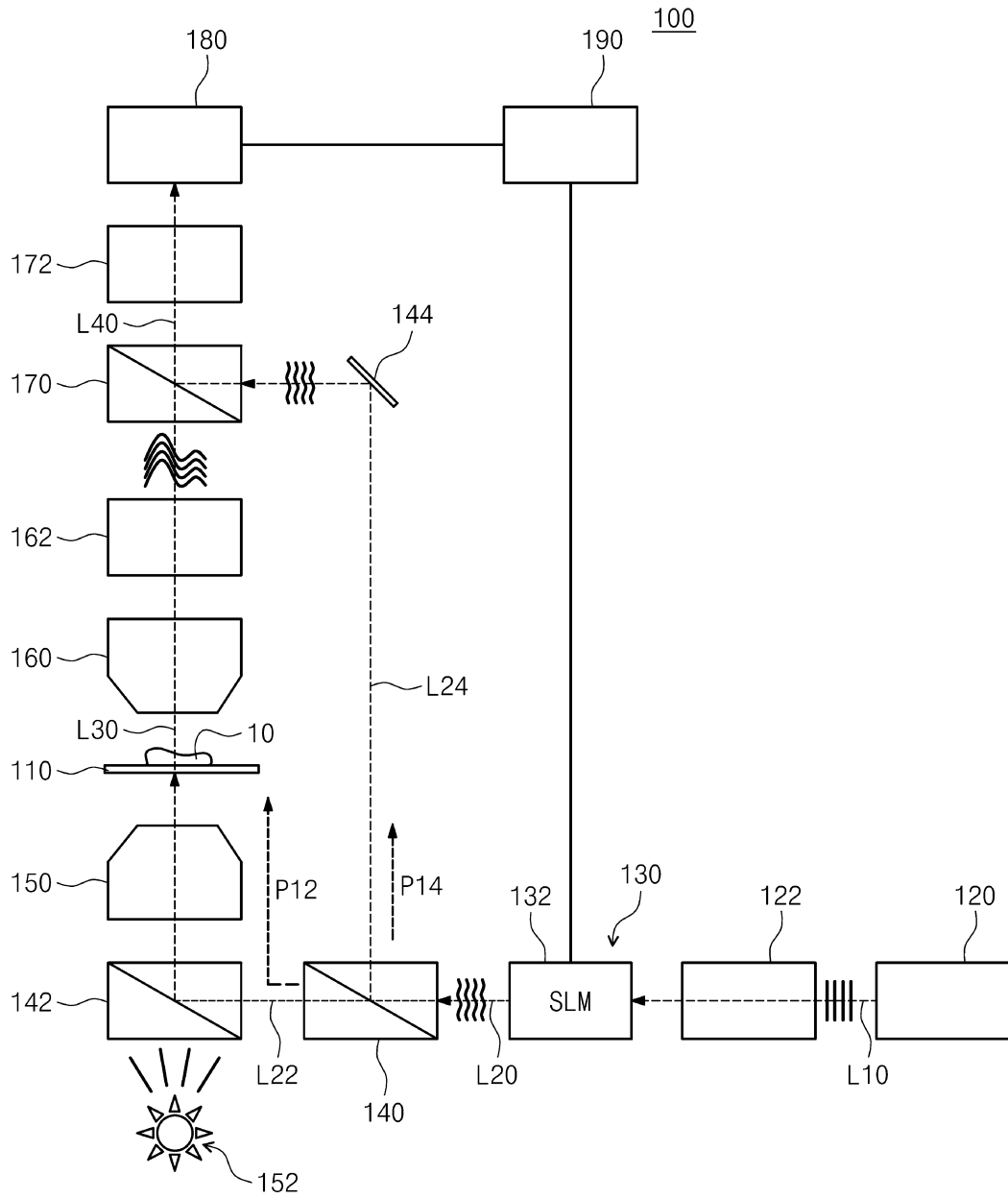
[0069] 10: 시료
12, 14: 관찰 대상체
100: 정량 위상 이미징 장치
110: 기판
120: 광원
122: 제1 광학계
130: 광 변조기
132: 공간 광 변조기
134: 디지털 미소 반사 표시기
140: 제1 빔 스플리터
142: 제2 빔 스플리터
144: 반사경
150: 제1 대물 렌즈
160: 제2 대물 렌즈
162: 제2 광학계
170: 제3 빔 스플리터
172: 제3 광학계
180: 검출기
190: 제어부
L10: 광
L12, L22: 제1 참조광
L14, L24: 제2 참조광
L20: 참조광
L30: 시료광
L40: 간섭광

P12: 제1 광 경로

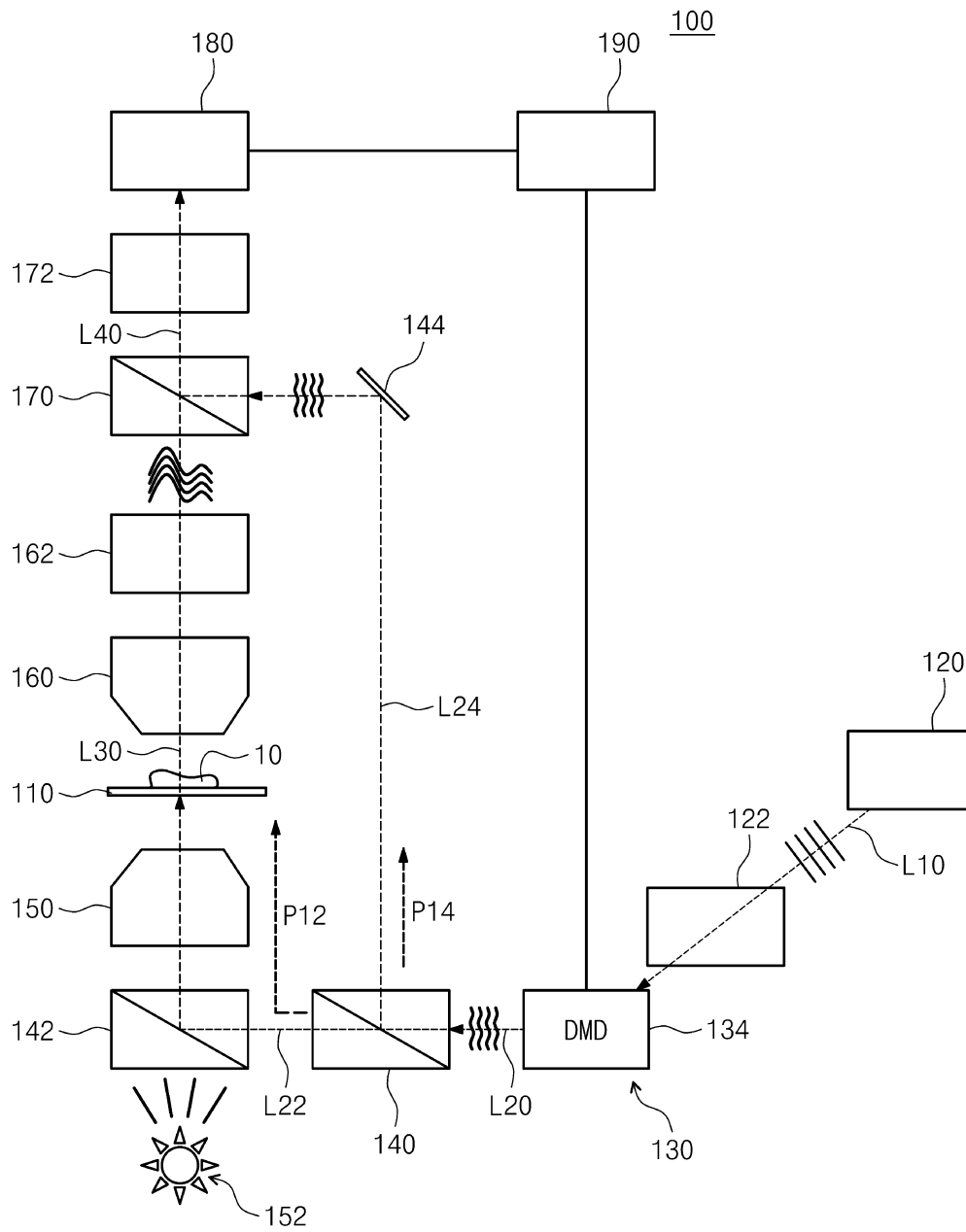
P14: 제2 광 경로

도면

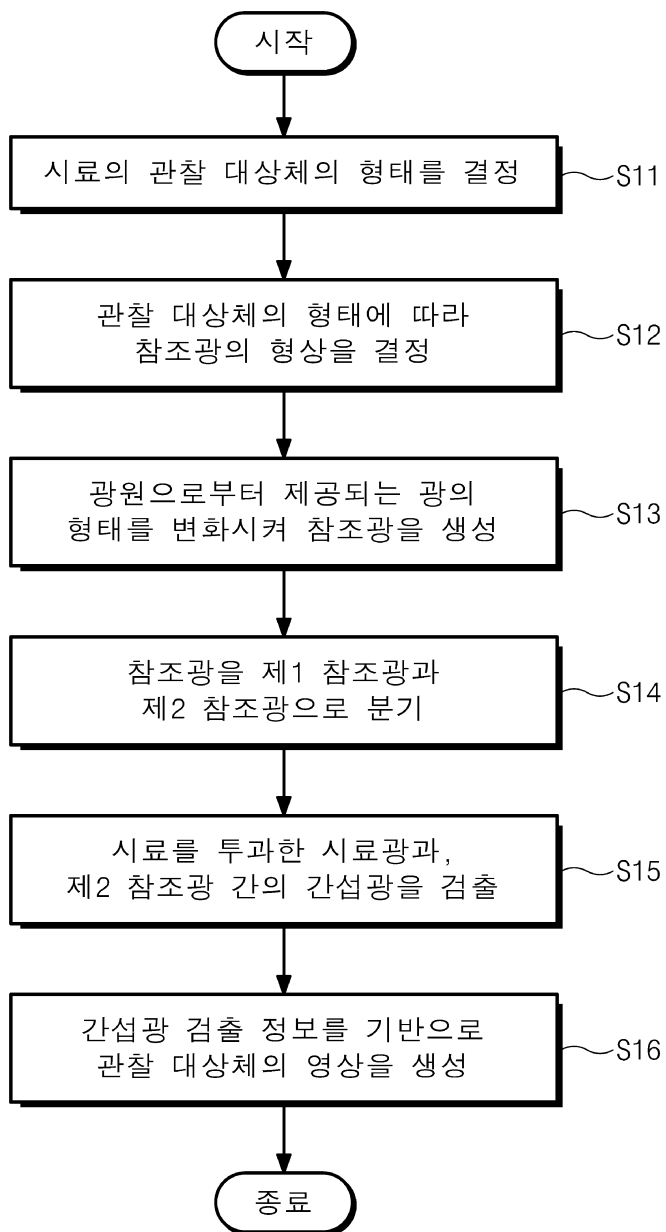
도면1



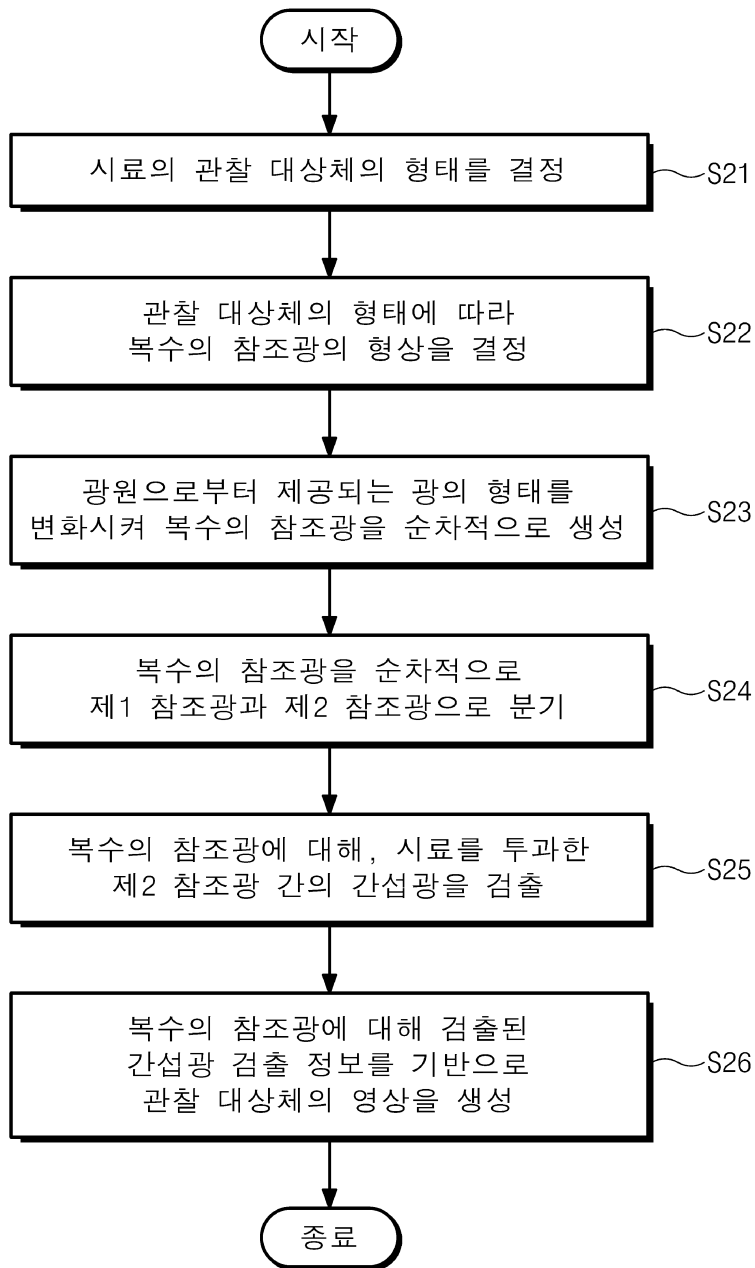
도면2



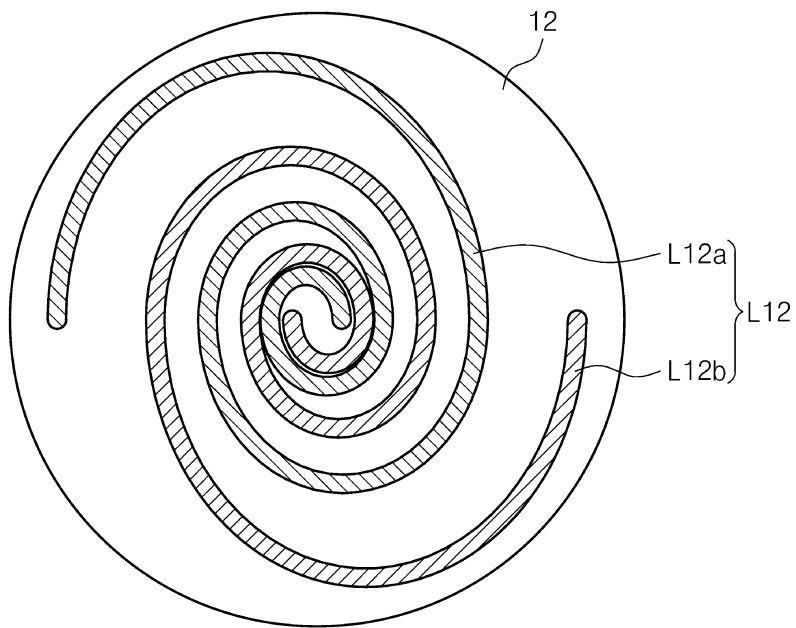
도면3



도면4



도면5



도면6

