



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0028557

(43) 공개일자 2016년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/00 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0116862

(22) 출원일자 2014년09월03일

심사청구일자 2014년09월03일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

최원식

서울특별시 노원구 공릉2동 태강아파트 1015동 1202호

정승원

서울특별시 성북구 북악산로 828, 102동 1502호

강성삼

서울특별시 성북구 종암로 24가길 53, 106동 808호

(74) 대리인

김홍석, 김동용

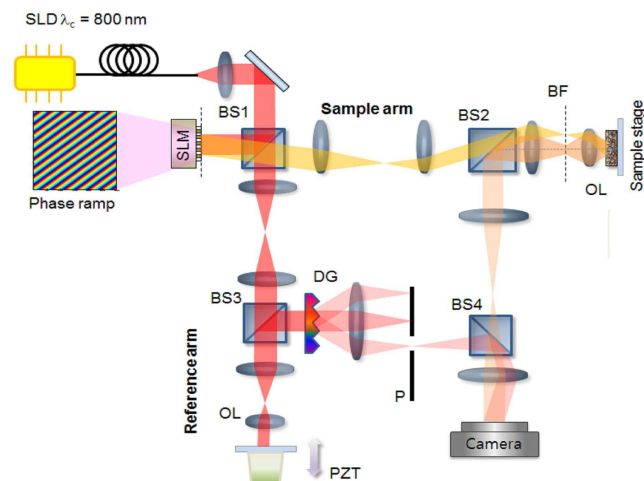
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 광 간섭 단층 영상 촬영 장치

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영장치는 물체에 입사하는 샘플빔과 상기 샘플빔과 간섭을 일으키는 기준빔을 생성하는 광원을 포함하고, 샘플빔과 기준빔 간의 간섭에 의해 형성되는 간섭영상을 생성하여 매질 속 물체의 영상을 촬영하는 광 간섭 영상촬영장치로서, 샘플빔의 입사각을 조절하기 위해 복수 개의 램프 패턴이 인가되는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator) 및 기준빔의 1차 회절 성분만을 투과시키기 위한 회절격자(DG, Diffraction grating)를 포함한다.

대표도 - 도5



명세서

청구범위

청구항 1

물체에 입사하는 샘플빔과 상기 샘플빔과 간섭을 일으키는 기준빔을 생성하는 광원을 포함하고, 상기 샘플빔과 상기 기준빔 간의 간섭에 의해 형성되는 간섭영상을 생성하여 매질 속 물체의 영상을 촬영하는 광 간섭 영상촬영장치로서,

상기 샘플빔의 입사각을 조절하기 위해 복수 개의 램프 패턴이 인가되는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator); 및

상기 기준빔의 1차 회절 성분만을 투과시키기 위한 회절격자(DG, Diffraction grating)를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기준빔의 진행거리를 제어하기 위한 압전착화소자를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광원은 중심파장이 800nm이고, 대역폭이 25nm인 광을 생성하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 램프 패턴의 개수는 상기 광원의 중심파장에 의해서 결정되는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

청구항 5

빛을 조사하는 광원;

상기 광원으로부터 조사된 빛을 투과 및 반사시켜 제1광과 제2광으로 분할하는 제1 빔 스플리터;

상기 제1 빔 스플리터로부터 입사된 제1광을 반사시키는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator);

상기 공간 광 변조기에서 반사되어 물체에 조사되고 상기 물체로부터 반사된 제1광을 재차 반사시키는 제2 빔 스플리터;

상기 제1 빔 스플리터로부터 입사된 제2광을 반사시키며, 제2광이 이동하는 거리를 조절하는 압전착화소자(PZT);

상기 압전착화소자로부터 반사된 제2광을 반사시켜 회절격자로 입사시키는 제3 빔 스플리터;

상기 제3 빔 스플리터로부터 입사하는 제2광의 1차 회절 성분만을 투과시키는 회절격자(DG, Diffraction Grating); 및

상기 제2 빔 스플리터에서 반사된 제1광과 상기 회절격자를 통해 1차 회절 성분만이 남아 있는 제2광 사이의 간섭이미지를 획득하는 카메라를 포함하며,

상기 공간 광 변조기에 인가되는 램프 패턴에 따라 상기 물체에 입사하는 상기 제1광의 입사각이 변하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 압전착화소자는 상기 제1광과 상기 제2광의 1차 회절성분의 경로차를 $10\mu\text{m}$ 이내로 줄이는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

1차 회절 성분만이 남아 있는 상기 제2광을 카메라로 입사시키고, 상기 제1광을 투과시켜 카메라로 입사시키는 제4 빔 스플리터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광 간섭 단층 영상촬영장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 간섭 단층 영상 촬영 장치에 관한 발명으로서, 보다 상세하게는 단일 산란 필터 기반 산란매질 내부 고심도/고해상도 단층 영상 촬영 장치에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 최근에는 컴퓨터 단층촬영기나 자기공명 영상 촬영기보다 구조가 간단하면서 초음파 영상 촬영기보다 높은 해상도를 제공할 수 있는 광 간섭 단층 촬영장치(OCT, Optical Coherence Tomography)의 개발이 진행되고 있다. 광 간섭 단층 촬영장치는 자연광에 가까운 저 코히어런스(low coherence)광을 생체와 같은 다중 산란 물질에 조사하고 물질로부터 반사되는 광을 검출하여 생체에 대한 단층 영상을 얻는 장치이다.

[0003] 초창기 광 간섭 단층 촬영장치는 점 스캔을 통해 단면 이미지를 구현하였기 때문에 물체의 넓은 영역을 이미징하려면 얻고자 하는 이미지의 크기만큼 스캐닝을 해야 하는 번거로움이 있었다. 대안으로 제시된 광역 광 간섭 단층 촬영장치(wide-field OCT)는 물체와 기준 거울에 평면파를 조사시키고 기준 빔에 각도를 주어 카메라에 비스듬히 입사시키는 탈축 홀로그래피 방식으로 간섭신호를 측정하여 물체의 단층 영상을 촬영하는 장치이다. 그러나 이러한 방법들은 물체 앞에 산란매질이 존재할 경우 매질 내부의 다중산란으로 인해 영상의 왜곡이 발생한다.

[0004] 도1은 실제 타겟을 광 간섭 단층 영상촬영장치로 촬영한 사진이다.

[0005] 도2는 타겟 앞에 산란매질이 있는 경우 종래 광 간섭 단층 영상촬영장치로 촬영한 사진이다.

[0006] 도1과 도2에 도시된 바와 같이 일반적으로 광 간섭 단층 촬영장치가 촬영한 이미지는 물체에서 반사된 빛과 기준 빔 거울에서 반사된 빛 사이의 간섭신호를 통해 얻는 이미지이기 때문에 물체의 축 방향 특정 위치에서 나오는 빛만 선택적으로 가려낼 수 있다. 그러나 물체의 내부에서 산란을 많이 일으키는 매질 때문에 이미지 상 노이즈가 존재하고 노이즈의 신호가 크면 얻고자 하는 샘플의 정보를 확인하기 어렵다.

[0007] 광 간섭 단층 촬영 장치의 이미지 상 노이즈 문제로 인하여 새로운 방식인 Angular compounding 광 간섭 단층 촬영장치가 개발되었다. Angular compounding 광 간섭 단층 촬영장치에 의한 촬영 방식은 물체에 대한 입사각을 바꿔가며 입사 각도별 이미지를 측정하고 이미지의 세기를 누적하여 더하는 방법이다. 물체에 대한 입사각의 변화에 따라 얻고자 하는 물체의 정보는 변하지 않지만 노이즈의 성분은 무작위하게 변화하기 때문에 누적 이미지에서 노이즈는 감소한다 따라서 기존 이미지보다 명암비가 개선되는 효과를 얻을 수 있다.

[0008] 도3은 타겟 앞에 산란매질이 있는 경우 Angular compounding 광 간섭 단층 촬영장치에 의해서 촬영된 실제 촬영 사진이다.

[0009] 그러나 도3에 도시된 바와 같이 다중산란의 정도가 매우 심해 노이즈의 세기가 얻고자 하는 신호보다 상대적으로 클 경우 이미지 복원에 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 타겟 앞에 산란매질이 있는 경우에도 다중산란의 영향을 최소화하고 선명한 단층영상을 얻을 수 있는 광 간섭 단층 촬영장치를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영장치는 물체에 입사하는 샘플빔과 상기 샘플빔과 간섭을 일으키는 기준빔을 생성하는 광원을 포함하고, 샘플빔과 기준빔 간의 간섭에 의해 형성되는 간섭영상을 생성하여 매질 속 물체의 영상을 촬영하는 광 간섭 영상촬영장치로서, 샘플빔의 입사각을 조절하기 위해 복수 개의 램프 패턴이 인가되는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator) 및 기준빔의 1차 회절 성분만을 투과시키기 위한 회절 격자(DG, Diffraction grating)를 포함한다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영장치는 빛을 조사하는 광원, 광원으로부터 조사된 빛을 투과 및 반사시켜 제1광과 제2광으로 분할하는 제1 빔 스플리터, 제1 빔 스플리터로부터 입사된 제1광을 반사시키는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator), 공간 광 변조기에서 반사되어 물체에 조사되고 물체로부터 반사된 제1광을 재차 반사시키는 제2 빔 스플리터, 제1 빔 스플리터로부터 입사된 제2광을 반사시키며, 제2광이 이동하는 거리를 조절하는 압전착화소자(PZT), 압전착화소자로부터 반사된 제2광을 반사시켜 회절격자로 입사시키는 제3 빔 스플리터, 제3 빔 스플리터로부터 입사하는 제2광의 1차 회절 성분만을 투과시키는 회절격자(DG, Diffraction Grating) 및 제2 빔 스플리터에서 반사된 제1광과 회절격자를 통해 1차 회절 성분만이 남아 있는 제2광 사이의 간섭이미지를 획득하는 카메라를 포함하며, 공간 광 변조기에 인가되는 램프 패턴에 따라 물체에 입사하는 제1광의 입사각이 변한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 촬영장치에 의하면 산란 매질 속 목표 물체에 대한 이미지를 구현할 때 복잡한 매질 때문에 필연적으로 발생하는 다중 산란파를 걸러낼 수 있다. 빛의 침투 가능 깊이가 깊은 곳에서도 회절 한계에 해당하는 고해상도 이미지를 구현할 수 있다. 또한 한번 측정으로 물체 내부 특정깊이에서 2차원 대면적 이미지를 구현하기 때문에 측방향 스캔을 통해 3차원 이미지의 구현이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도1은 실제 타겟을 광 간섭 단층 영상촬영장치로 촬영한 사진이다.
 도2는 타겟 앞에 산란매질이 있는 경우 종래 광 간섭 단층 영상촬영장치로 촬영한 사진이다.
 도3은 타겟 앞에 산란매질이 있는 경우 Angular compounding 광 간섭 단층 촬영장치에 의해서 촬영된 실제 촬영 사진이다.
 도4는 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 영상촬영장치의 블록도이다.
 도5는 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 영상촬영장치의 실험 셋업 개요도이다.
 도6은 시분해 반사행렬을 도시한 도면이다.
 도7은 위 실험예를 통해 생성된 타겟의 실제 확대영상이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0016] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

- [0017] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [0018] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0019] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0020] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0021] 본 명세서 전체에서 사용되는 "물체"라는 용어는 광 간섭 단층 영상촬영장치의 촬영대상이고, 또한 물체는 실제 촬영하고자하는 타겟과 산란매질로 이루어져 있다.
- [0022] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.
- [0023] 도4는 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 영상촬영장치의 블록도이다.
- [0024] 도4에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 영상촬영장치는 물체에 입사하는 샘플빔과 상기 샘플빔과 간섭을 일으키는 기준빔을 생성하는 광원(100)을 포함하고, 샘플빔과 기준빔 간의 간섭에 의해 형성되는 간섭영상을 생성하여 매질 속 물체의 영상을 촬영하는 광 간섭 영상촬영장치로서, 샘플빔의 입사각을 조절하기 위해 복수 개의 램프 패턴이 인가되는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator)(200) 및 기준빔의 1차 회절 성분만을 투과시키기 위한 회절격자(DG, Diffraction grating)(300)를 포함한다.
- [0025] 광원(100)은 물체를 향하여 빛을 조사하며, 가간섭 거리(coherence length)가 짧은 저가간섭 광원(low-coherence light source)이다. 본 발명의 실시예에 있어서는 중심파장이 800nm이고 대역폭이 25nm일 수 있으나 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 또한 광원(100)에서 나온 빛은 후술할 빔 스플리터를 통해서 샘플빔과 기준빔으로 나누어진다. 샘플빔은 물체에 직접 조사되는 광이고, 기준빔은 물체에서 반사된 샘플빔과 간섭을 일으키는 광이다. 샘플빔과 기준빔을 하나의 광원에서 생성하기 위해 다양한 방법이 사용될 수 있다.
- [0026] 광원(100)으로부터 생성된 샘플빔은 공간 광 변조기(200)로 입사한다. 공간 광 변조기(200)는 개구부 혹은 반사부를 구비한 공간 광 변조 소자가 복수개 조합되어 구성되어 있다. 공간 광 변조기(200)에서는 공간 광 변조 소자의 개구부 혹은 반사부에 입사된 광을 투과 또는 반사시킴으로써 입사광을 변조한다.
- [0027] 본 발명의 실시예에 따른 공간 광 변조기(200)에는 복수 개의 램프 패턴이 인가된다. 각 램프 패턴에 따라서 물체로 입사하는 샘플빔의 입사각이 조절된다. 여기서 복수 개의 램프 패턴의 갯수는 광원의 중심파장에 의해서 결정될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 따른 공간 광 변조기(200)에 설치되는 대물렌즈의 개구수로 결정되는 회절한계에 따라서 결정될 수 있다.
- [0028] 회절격자(300)는 평면 유리나 오목한 금속판에 다수의 평행선을 등간격으로 새긴 것으로서 일정한 간격으로 슬롯을 무수히 많이 만들어 놓은 것을 말한다. 빛을 비추면 투과 또는 반사된 빛이 파장별로 나뉘어 스펙트럼을 얻을 수 있다. 회절격자(300)는 평행으로 입사한 빛들은 금이 그어진 곳에서는 흡수되거나 산란하고 금이 그어지지 않은 좁은 틈으로 들어오는 빛은 그대로 통과한다. 통과한 빛은 그대로 직진하지 않고 호이겐스의 원리에

의해서 회절되어 원기둥 형태로 퍼져 나간다.

[0029] 본 발명의 실시예에 따른 회절격자(300)는 격자 사이의 간격이 $10\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 일 수 있으며 보다 상세하게는 $13\mu\text{m}$ 내지는 $14\mu\text{m}$ 일 수 있다.

[0030] 회절격자(300)를 통과한 기준빔 중에서 1차 회절성분만이 물체에서 반사되어 카메라(500)로 입사하는 샘플빔과 간섭이 일어나도록 한다. 회절격자를 투과한 기준빔의 1차 회절성분만을 이용하는 경우에는 위상이동 홀로그래피(phase shift holography)의 방법과 달리 한번의 촬영만 필요하며, 단순한 탈축 홀로그래피(off-axis holography)와는 달리 광역 면적에 대해 간섭세기가 균일한 간섭영상을 획득할 수 있어 광역 광 간섭 영상의 질을 높일 수 있다.

[0031] 또한 본 발명의 실시예에 따른 공간 광 변조기는 압전착화소자(PZT)(400)를 더 포함한다. 압전착화소자(400)는 기준빔의 진행거리를 제어하기 위한 장치로서, 기준빔의 진행거리를 압전착화소자(400)를 통해 제어함으로써 샘플빔이 조사하는 물체의 깊이를 조절할 수 있도록 한다.

[0032] 이상 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 영상촬영장치에 대해서 살펴보았다. 이하 실제 광 간섭 단층 영상촬영장치의 작동 및 촬영결과를 실험예를 통해 살펴본다.

[0033] <실험예>

[0034] 도5는 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 영상촬영장치의 실험 셋업 개요도이다.

[0035] 도5에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층 영상촬영장치는 빛을 조사하는 광원, 광원으로부터 조사된 빛을 투과 및 반사시켜 제1광과 제2광으로 분할하는 제1 빔 스플리터(BS1), 제1 빔 스플리터(BS1)로부터 입사된 제1광을 반사시키는 공간 광 변조기(SLM, Spatial Light Modulator), 공간 광 변조기(SLM)에서 반사되어 물체에 조사되고 물체로부터 반사된 제1광을 제2 빔 스플리터(BS2), 제1 빔 스플리터(BS1)로부터 입사된 제2광을 반사시키며, 제2광이 이동하는 거리를 조절하는 압전착화소자(PZT), 압전착화소자(PZT)로부터 반사된 제2광을 반사시켜 회절격자(DG, Diffraction Grating)로 입사시키는 제3 빔 스플리터(BS3), 제3 빔 스플리터(BS3)로부터 입사하는 제2광의 1차 회절 성분만을 투과시키는 회절격자(DG) 및 제2 빔 스플리터(BS2)에서 반사된 제1광과 회절격자(DG)를 통해 1차 회절 성분만이 남아 있는 제2광 사이의 간섭이미지를 획득하는 카메라(Camera)를 포함하며, 공간 광 변조기(SLM)에 인가되는 램프 패턴에 따라 물체에 입사하는 제1광의 입사각이 변한다. 여기서 제1광은 앞서 설명한 샘플빔이고, 제2광은 기준빔이다.

[0036] 실험 셋업에 대해서 보다 상세하게 설명하면 중심파장 800nm , 대역폭이 25nm 인 광원으로서 SLD(Super-luminescent diode)와 Mach-Zhender 간섭계를 이용한다. 샘플빔 경로에는 공간 광 변조기에서 램프 패턴을 인가하여 샘플 빔의 입사 각도를 조절한다. 광원에서 나온 빔은 제1 빔 스플리터로 나누어져서 반사된 빔을 공간 광 변조기에 조사시킨다. 공간 광 변조기에서 반사되어 되돌아 나오는 빔을 샘플 빔으로 사용하며, 제1 빔 스플리터에서 투과된 빔은 기준빔으로 사용한다. 기준빔 경로상의 이미지 평면에 회절격자(DG)를 두어 투과한 빔 중 1차 회절 성분만 걸러내어 카메라에 입사시킨다. 기준빔의 1차성분과 샘플빔의 경로차를 가간섭 거리(약 $10\mu\text{m}$) 이내로 줄여 동시에 카메라에 입사시키면 탈축 홀로그래피 이미지를 얻을 수 있고 이를 통해 샘플빔의 세기와 위상 이미지를 얻을 수 있다. 이렇게 얻은 샘플의 정보는 광대역 파장을 이용한 저가간섭성 간섭계를 통한 간섭 이미지이므로 시분해 반사이미지이다.

[0037] 실험을 진행하기 위해서 준비한 물체의 샘플은 USAF(United States Air Force) 타겟과 그 위에 $1\mu\text{m}$ 직경을 갖는 폴리스틸렌 입자를 첨가한 고분자물질 PDMS를 입혔다. 이와 같은 샘플의 광학적 특성은 하나의 광자(photon)가 샘플 내부를 투과할 때 겪는 평균산란거리가 약 $100\mu\text{m}$, 평균투과거리가 약 1mm 이며, 이는 생체조직의 광학적 특성과 매우 유사하다.

[0038] 램프 패턴의 갯수(N_A)는 2,500개이고 실험을 통해서 각 램프 패턴에 따라서 샘플에 입사하는 샘플빔의 입사각은 2,500번 바뀐다. 각 입사각 별로 간섭에 따른 2500개의 간섭이미지(raw-data)가 카메라에 의해 촬영된다.

[0039] <실시예>

[0040] 위와 같은 실험예를 통해서 얻어진 2,500개의 간섭이미지(raw-data)를 샘플평면 (x,y)에서의 필드지도(field-map)로 표현하면 하기 수학적 1과 같다.

수학식 1

$$u(x, y; \overrightarrow{k_{\parallel}^i}, \tau)$$

$$\overrightarrow{k_{\parallel}^i}$$

는 샘플에 입사하는 입사각을 의미하고, τ 는 빔이 진행한 시간을 의미한다.

수학식 1을 푸리에 변환을 하면 하기 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$U(\overrightarrow{k_{\parallel}^r}; \overrightarrow{k_{\parallel}^i}, \tau)$$

수학식 2는 시분해 반사행렬(TRRM)을 의미하고, $\overrightarrow{k_{\parallel}^r}$ 는 샘플에서 반사하는 반사각을 의미한다.

도6은 시분해 반사행렬을 도시한 도면이다.

도6에 도시된 바와 같이 시분해 반사행렬(TRRM)은 단일산란행렬(SSM)과 다중산란행렬(MSM)의 합인 아래 수학식 3과 같이 표현된다.

도6에 도시된 시분해 반사행렬(TRRM)의 대각 방향 성분들을 모두 더할 경우 단일산란행렬(SSM)의 각 성분들은 모두 같은 샘플 스펙트럼을 반영하여 동일 위상에서 쌓이게 되고, 다중산란행렬(MSM)의 각 성분들은 무작위 위상으로 더해지게 된다. 즉 더해지는 성분들의 숫자가 증가할수록 다중산란 성분에 대한 단일산란 성분의 상대적인 크기가 증가하게 되며, 이는 이미지 상에서 다중 산란에 의한 왜곡이 줄어드는 형태로 나타나게 된다.

수학식 3

$$U = U_S + U_M$$

여기서 실제 타겟의 물체 함수를 $f(x, y)$ 라고 하고, $f(x, y)$ 의 푸리에 변환함수를 $F(\overrightarrow{k^S})$ 라 한다. 파동벡터 $\overrightarrow{k^S} = (k_x^S, k_y^S)$ 는 샘플평면에서 타겟의 공간 주파수를 나타낸다. 단일산란행렬과 $f(x, y)$ 가 푸리에 변환된 함수의 관계는 아래 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$U_S(\overrightarrow{k_{\parallel}^r}, \overrightarrow{k_{\parallel}^i}) \approx F(\overrightarrow{k_{\parallel}^r} - \overrightarrow{k_{\parallel}^i}) = F(\overrightarrow{k^S})$$

수학식 4와 같은 관계식은 다중산란행렬인 U_M 에는 적용되지 않는다. 서로 다른 입사각의 다중산란파동 사이에는 단일산란행렬과 같은 연관관계가 존재하지 않기 때문이다.

이러한 차이를 이용하여 아래 수학식 5와 같이 행렬의 각 성분들을 더한다.

수학식 5

$$\sum_{\vec{k}_\parallel} U(\vec{k}_\parallel; \vec{k}_\parallel) \approx N(\vec{k}^S) F(\vec{k}^S) + \sum_{\vec{k}_\parallel} U_M$$

$N(\vec{k}^S)$ 는 합계에 포함되는 성분의 갯수를 의미한다.

위 수학식 5에 의하면 단일산란파동의 신호강도는 $N(\vec{k}^S)^2$ 에 비례하여 증가하게 되고 다중산란파동의 신호강도는 $N(\vec{k}^S)$ 에 비례하여 증가하게 된다.

결국 다중산란파동의 신호강도는 단일산란파동의 신호강도에 비해서 무시할 수 있는 값이 된다.

수학식 4와 수학식 5의 결과로부터 도출되는 $F(\vec{k}^S)$ 의 역 푸리에 변환을 통해서 $f(x,y)$ 를 구하면 실제 준비된 샘플에서 촬영을 원하는 타겟의 이차원 단면 함수를 얻게 된다.

도7은 위 실험예를 통해 생성된 타겟의 실제 확대영상이다.

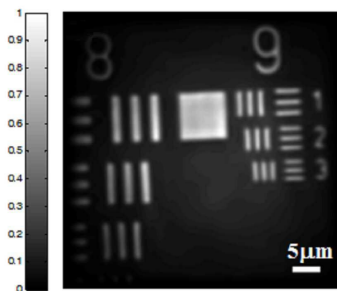
도7에 도시된 사진을 앞선 도2와 도3과 같이 매우 심한 노이즈로 인하여 선명하지 못한 영상과 비교하면 본 발명의 실시예에 따른 광 간섭 단층영상촬영장치를 통해서 획득된 타겟의 실제 확대영상은 노이즈의 영향이 거의 없는 선명한 영상임을 확인할 수 있다.

부호의 설명

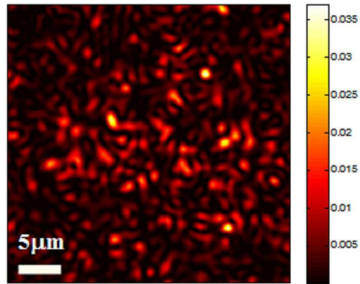
- 100 광원
- 200 공간 광변조기
- 300 회절격자
- 400 압전착화소자
- 500 카메라

도면

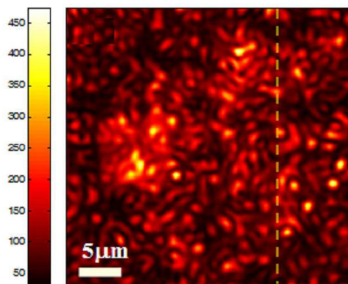
도면1



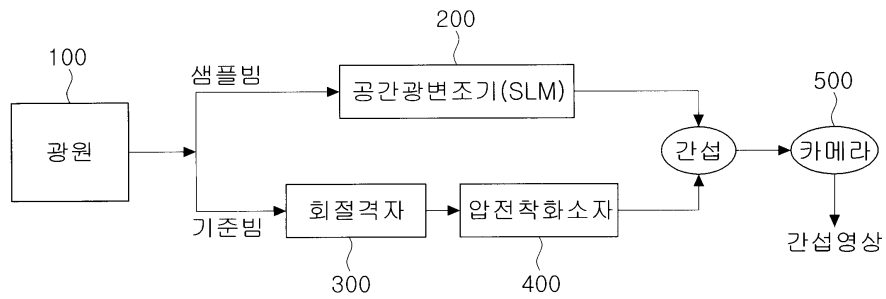
도면2



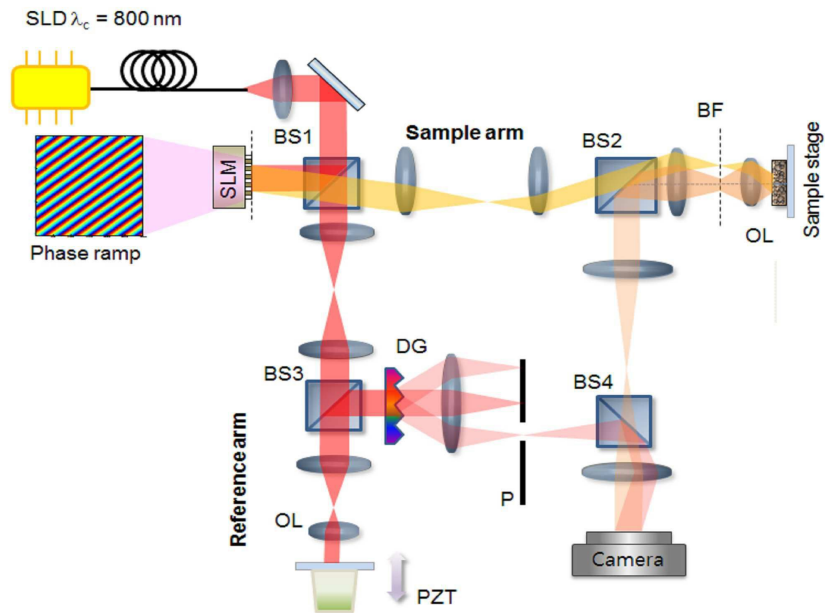
도면3



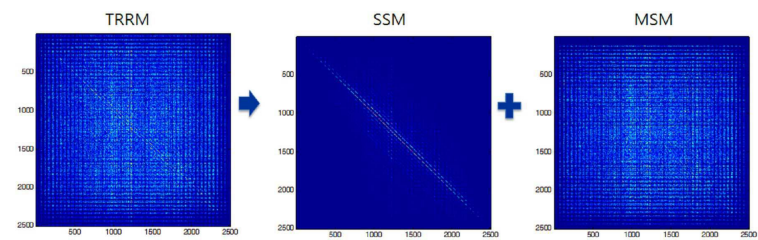
도면4



도면5



도면6



도면7

