(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0059705
(43) 공개일자 2025년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 21/36 (2006.01) *G02B 27/00* (2020.01)
(52) CPC특허분류
G02B 21/365 (2013.01)
G02B 21/361 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0143557
(22) 출원일자 2023년10월25일
심사청구일자 2023년10월25일

전체 청구항 수 : 총 19 항

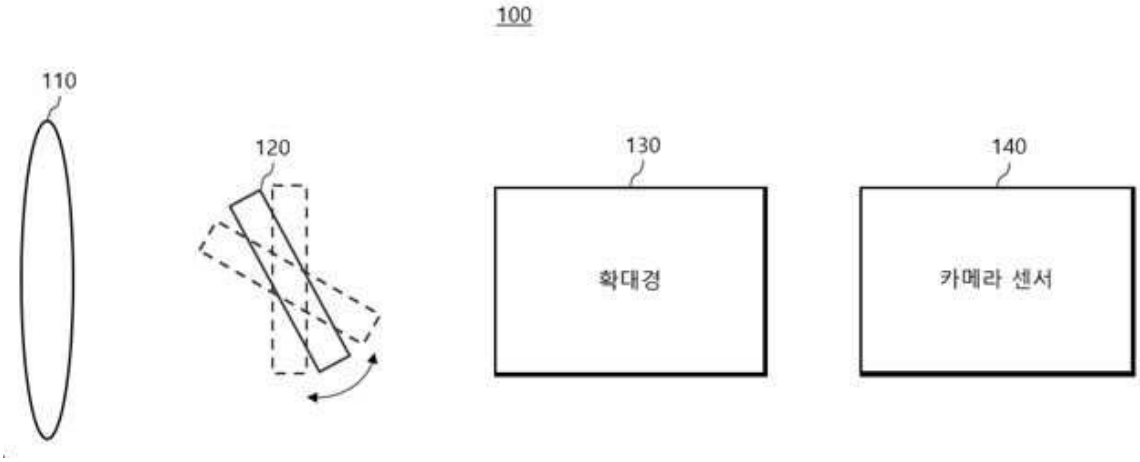
(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박정훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
(74) 대리인
김현수

(54) 발명의 명칭 **대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법, 장치 및 현미경**

(57) 요 약

일 실시 예에 따른 대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법은, 상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계; 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계; 상기 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및 상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G02B 27/005 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711184277
과제번호	2021R1A2C3012903
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	3차원 볼륨 동시 측정 홀로그래픽 in-vivo 이광자 현미경을 통한 뇌활성지도 작성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법에 있어서,

상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계;

소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계;

상기 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및

상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 광학수차 추정 방법은,

제니케 다항식(Zernike polynomial)을 이용하는 제1 방법, 광학수차를 영상화하여 추정하는 제2 방법 및 빛의 세기의 측정을 이용하는 제3 방법 중에서 어느 하나인

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 광학수차 추정 방법이 상기 제1 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는,

제니케 다항식에 포함되는 항들 각각의 진폭(amplitude)을 계산하는 단계; 및

상기 진폭과, 상기 진폭 각각에 대응되는 항을 이용하여 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 광학수차 추정 방법이 상기 제2 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는,

상기 물체를 확대 관찰하기 위해 상기 물체에 조사된 광으로부터 점광원을 생성하는 단계;

상기 점광원에서 발생한 구면파를 측정하는 단계; 및

상기 구면파를 통해 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 물체에 조사된 광은 간섭성 광원(coherent light)인

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 6

제2 항에 있어서,

상기 광학수차 추정 방법이 상기 제3 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는,

소정의 파면측정 센서를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰하기 위해 상기 물체에 조사된 광의 세기를 측정하는 단계;

상기 광의 세기를 통해 상기 광의 파면 정보를 추출하는 단계; 및

상기 광의 파면 정보를 이용하여, 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 물체에 조사된 광은 비간섭성 광원(incoherent light)인

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 8

제2 항에 있어서,

상기 광학수차 추정 방법이 상기 제3 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는,

상기 물체를 확대 관찰하기 위해 상기 물체에 조사된 광으로부터 점광원을 생성하는 단계;

소정의 광학수차 제거 기준에 따라, 상기 점광원으로부터 광의 파면 정보를 추출하는 단계; 및

상기 파면 정보를 이용하여, 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 광학수차를 제거하는 단계는,

상기 현미경에 포함된 파면 제어기를 이용하여 상기 광 정보에서 상기 광학수차를 제거하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 현미경은 상기 광학수차의 위상공액에 해당하는 위상판을 포함하고,

상기 광학수차를 제거하는 단계는,

상기 위상판을 이용하여 상기 광 정보에서 상기 광학수차를 제거하는 단계를 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 확대경은 제1 확대용 렌즈, 광학수차 제거부 및 제2 확대용 렌즈를 순서대로 포함하고,

상기 확대경의 확대 배율은 상기 제1 확대용 렌즈의 초점 거리 및 상기 제2 확대용 렌즈의 초점 거리에 기초하여 결정되는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 제1 확대용 렌즈는,

초점 거리가 동일한 두 개의 렌즈들을 포함하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 광 정보의 전달 경로의 결정에 기초되는 상기 확대경 내 렌즈는,

상기 제1 확대용 렌즈에 해당하는

대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법.

청구항 14

확대 관찰하고자 하는 물체에 조사된 광이 통과하는 대물렌즈;

상기 대물렌즈를 통과한 광 정보를 반사하는 거울;

상기 거울을 통해 반사된 상기 광 정보를 확대하는 확대경;

상기 광 정보의 전달 경로를 결정하고, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 고해상도 영상 획득 장치; 및

상기 추정된 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 획득하는 카메라 센서를 포함하는

현미경.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 고해상도 영상 획득 장치는,

상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리 및 상기 거울의 각도에 기초하여, 상기 광 정보의 전달 경로를 결정하는

현미경.

청구항 16

제14 항에 있어서,

상기 고해상도 영상 획득 장치는,

제니케 다항식을 이용하는 제1 방법, 광학수차를 영상화하여 추정하는 제2 방법 및 빛의 세기의 측정을 이용하는 제3 방법 중에서 어느 하나를 이용하여, 상기 렌즈의 광학수차를 추정하는

현미경.

청구항 17

대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 고해상도 영상 획득 프로그램이 저장된 메모리; 및

상기 메모리를 제어하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는, 상기 고해상도 영상 획득 프로그램을 실행하여,

상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하고,

소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하고,

상기 물체를 촬영한 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하고,

상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는

고해상도 영상 획득 장치.

청구항 18

컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은,

대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고,

상기 방법은,

상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계;

소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계;

상기 물체를 촬영한 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및

상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함하는

컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 19

컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면,

대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고,

상기 방법은,

상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계;

소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계;

상기 물체를 촬영한 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및

상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함하는

컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법, 장치 및 현미경에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 광학 현미경을 비롯한 빛 기반 영상 시스템들은 우리 주변 물체들은 물론이고 세포 혹은 분자 수준의 고해상도 이미징을 가능케 하여 바이오 이미징, 자동운전, 원거리 감시, 컴퓨터 비전 등 다양한 분야에서 필수적인 고품질 데이터를 제공한다. 이러한 영상 시스템에서 한번에 측정할 수 있는 정보의 양은 해당 시스템의 공간 대역폭

곱(space bandwidth product, SBP)으로 제한된다. 이로 인한 한계는 특히 고해상도 영상이 필수적인 현미경 시스템에서 쉽게 확인할 수 있는데, 이와 같은 한계 때문에 일반적인 현미경은 여러 개의 대물렌즈를 선택 가능하도록 설계되어 있다.

[0003] 일반적인 현미경에 배치된 대물렌즈들은 각각 서로 다른 해상도 및 배율을 갖고 있다. 현미경 시스템에서 샘플의 넓은 면적을 한번에 관찰하고자 할 때에는 저배율(low Mag), 저해상도(저 개구수, low numerical aperture, low NA) 대물렌즈를 선택하고, 반대로 샘플의 자세한 구조를 최대한 자세히 확인해야 할 때에는 고배율(high Mag), 고해상도(high NA) 대물렌즈를 선택한다.

[0004] 이와 같은 선택법은 움직이지 않는 물체를 확대 관찰하고자 할 때에는 큰 문제가 되지 않는데, 이 경우에는 보통 저배율, 저해상도 대물렌즈를 이용하여 물체의 전반적인 모양을 확인한 후, 고배율, 고해상도 대물렌즈를 순차적으로 사용하여 물체의 특정 영역만 더 높은 해상도로 관찰한다. 만약 물체의 전체 영역을 고해상도로 촬영하고 싶다면, 물체를 2차원 혹은 3차원 공간 내에서 이동할 수 있는 스테이지 위에 놓고, 물체를 움직이면서 위치마다 사진을 촬영해야 한다. 이는 고해상도 대물렌즈를 사용할 경우 한번에 관찰 가능한 영역이 제한되기 때문이다. 따라서, 물체의 영역별 사진들을 촬영한 후 추후 취합하여 고해상도를 갖는 하나의 큰 이미지를 생성할 수 있다.

[0005] 이와 같은 접근법은 움직이는 물체를 고해상도로 촬영하기엔 부적합할 수 있다. 이는 물체의 이동 및 정지 시에 발생하는 관성으로 인해, 시간 지연이 필수적으로 발생하고, 따라서 촬영 속도가 극도로 제한되기 때문이다. 이와 같은 특성은 움직이는 물체를 고해상도로 대면적 촬영하거나 빅데이터의 고속처리(high throughput) 획득이 필요한 상황에서는 치명적인 한계로 작용할 수 있기 때문에, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 고해상도 대면적 영상을 구현할 수 있는 새로운 영상 시스템이 필요한 실정이다.

[0006] 한편, 영상 시스템의 SBP는 한번에 관찰 가능한 샘플의 공간상 면적, 그리고 이때의 해상도를 결정하는 측정 가능한 공간주파수의 면적의 곱으로써 아래의 수학식 1과 같이 주어진다.

수학식 1

[0007] $$SBP = \frac{\pi^2 FN^2 NA^2}{\lambda^2 Mag^2}$$

[0008] 여기서, Mag는 해당 대물렌즈 혹은 카메라 렌즈의 배율을 나타내고, FN은 이미징 시스템에서 사용된 해당 대물렌즈 혹은 카메라 렌즈의 field number로써 배율(Mag)이 1일 때 관찰 가능한 최대 면적의 직경을 나타내고, λ는 영상에 사용된 빛의 파장을 나타낸다.

[0009] 위 식을 통해 SBP는 이미징 시스템의 해상도에 대응되는 NA의 제곱에 비례하며, 반대로 이미징 시스템에서 한번에 관찰할 수 있는 면적의 역수에 대응되는 Mag의 제곱에 반비례함을 확인할 수 있다. 다시 말해, 보다 높은 해상도(높은 NA)로 넓은 면적(낮은 Mag)을 관찰할 수 있다면 SBP가 상대적으로 높은 것이다. 다만, 현재 사용되는 대부분 대물렌즈들은 렌즈 제작 기술의 한계 및 제작 단가의 제한으로 인해 고 NA 대물렌즈는 Mag도 높다. 예컨대, 현재 널리 사용되는 0.16 NA 저해상도 대물렌즈의 경우 Mag가 4x인데 반해, 1.4 NA 고해상도 렌즈의 경우 Mag가 100x가 되어 해상도가 높아질수록 SBP는 낮아지는 한계를 지니고 있다. 따라서, 해상도를 높게 유지하면서 넓은 면적을 촬영할 수 있는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법, 장치 및 현미경을 제공하는 것이다.

[0011] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 일 실시 예에 따른 대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법은, 상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계; 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계; 상기 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및 상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 광학수차 추정 방법은, 제니케 다항식(Zernike polynomial)을 이용하는 제1 방법, 광학수차를 영상화하여 추정하는 제2 방법 및 빛의 세기의 측정을 이용하는 제3 방법 중에서 어느 하나일 수 있다.

[0014] 상기 광학수차 추정 방법이 상기 제1 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는, 제니케 다항식에 포함되는 항들 각각의 진폭(amplitude)을 계산하는 단계; 및 상기 진폭과, 상기 진폭 각각에 대응되는 항을 이용하여 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 광학수차 추정 방법이 상기 제2 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는, 상기 물체를 확대 관찰하기 위해 상기 물체에 조사된 광으로부터 점광원을 생성하는 단계; 상기 점광원에서 발생한 구면파를 측정하는 단계; 및 상기 구면파를 통해 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 물체에 조사된 광은 간섭성 광원(coherent light)일 수 있다.

[0017] 상기 광학수차 추정 방법이 상기 제3 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는, 소정의 파면 측정 센서를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰하기 위해 상기 물체에 조사된 광의 세기를 측정하는 단계; 상기 광의 세기를 통해 상기 광의 파면 정보를 추출하는 단계; 및 상기 광의 파면 정보를 이용하여, 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 물체에 조사된 광은 비간섭성 광원(incoherent light)일 수 있다.

[0019] 상기 광학수차 추정 방법이 상기 제3 방법인 경우, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계는, 상기 물체를 확대 관찰하기 위해 상기 물체에 조사된 광으로부터 점광원을 생성하는 단계; 소정의 광학수차 제거 기준에 따라, 상기 점광원으로부터 광의 파면 정보를 추출하는 단계; 및 상기 파면 정보를 이용하여, 상기 광학수차를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 광학수차를 제거하는 단계는, 상기 현미경에 포함된 파면 제어기를 이용하여 상기 광 정보에서 상기 광학수차를 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 현미경은 상기 광학수차의 위상공액에 해당하는 위상판을 포함하고, 상기 광학수차를 제거하는 단계는, 상기 위상판을 이용하여 상기 광 정보에서 상기 광학수차를 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 상기 확대경은 제1 확대용 렌즈, 광학수차 제거부 및 제2 확대용 렌즈를 순서대로 포함하고, 상기 확대경의 확대 배율은 상기 제1 확대용 렌즈의 초점 거리 및 상기 제2 확대용 렌즈의 초점 거리에 기초하여 결정될 수 있다.

[0023] 상기 제1 확대용 렌즈는, 초점 거리가 동일한 두 개의 렌즈들을 포함할 수 있다.

[0024] 상기 광 정보의 전달 경로의 결정에 기초되는 상기 확대경 내 렌즈는, 상기 제1 확대용 렌즈에 해당할 수 있다.

[0025] 다른 실시예에 따른 현미경은, 확대 관찰하고자 하는 물체에 조사된 광이 통과하는 대물렌즈; 상기 대물렌즈를 통과한 광 정보를 반사하는 거울; 상기 거울을 통해 반사된 상기 광 정보를 확대하는 확대경; 상기 광 정보의 전달 경로를 결정하고, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 고해상도 영상 획득 장치; 및 상기 추정된 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 획득하는 카메라 센서를 포함할 수 있다.

[0026] 상기 고해상도 영상 획득 장치는, 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리 및 상기 거울의 각도에 기초하여, 상기 광 정보의 전달 경로를 결정할 수 있다.

[0027] 상기 고해상도 영상 획득 장치는, 제니케 다항식을 이용하는 제1 방법, 광학수차를 영상화하여 추정하는 제2 방법 및 빛의 세기의 측정을 이용하는 제3 방법 중에서 어느 하나를 이용하여, 상기 렌즈의 광학수차를 추정할 수 있다.

[0028] 또 다른 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 장치는, 대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 고해상도 영상 획득 프로그램이 저장된 메모리; 및 상기 메모리를 제어하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 고해상도 영상 획득 프로그램을 실행하여, 상

기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하고, 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하고, 상기 물체를 촬영한 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하고, 상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영할 수 있다.

[0029] 또 다른 실시예에 따른 컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고, 상기 방법은, 상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계; 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계; 상기 물체를 촬영한 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및 상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함할 수 있다.

[0030] 또 다른 실시예에 따른 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면, 대물렌즈, 거울 및 확대경을 포함하는 현미경을 이용하여 물체를 확대 관찰한 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고, 상기 방법은, 상기 거울의 각도 및 상기 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 상기 물체를 촬영한 광 정보의 전달 경로를 결정하는 단계; 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여, 상기 대물렌즈의 광학수차를 추정하는 단계; 상기 물체를 촬영한 광 정보에서 상기 추정된 광학수차를 제거하는 단계; 및 상기 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여, 상기 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 실시예에 의하면, 렌즈의 광학수차를 제거하고, 거울의 각도를 변경함으로써, 고해상도이면서 넓은 면적을 촬영할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 고해상도 대면적 이미징을 위해 물체의 물리적인 이동이 필요한 현재의 광학 영상 시스템과는 달리, 현미경 내 거울의 각도를 변경하여 확대 관찰하고자 하는 물체의 여러 영역을 고속으로 촬영함으로써, 고해상도 대면적 영상을 촬영할 때 발생하는 물체의 이동에 따른 시간적 비용을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 일 실시예에 따른 현미경을 나타내는 블록도이다.

도 2는 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 장치를 나타내는 블록도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 프로그램의 기능을 개념적으로 나타내는 블록도이다.

도 4는 카메라 센서의 픽셀의 크기가 미세구조의 크기보다 커 나이퀴스트 샘플링 법칙을 만족하지 못한 일 예시를 나타낸다.

도 5는 나이퀴스트 샘플링 법칙을 만족하기 위해 확대용 렌즈를 사용했지만, 사용된 확대용 렌즈의 SBP로 인해 한번에 관찰 가능한 면적의 크기가 제한된 일 예시를 나타낸다.

도 6은 일 실시예에 따른 확대경을 나타내는 블록도이다.

도 7은 일 실시예에 따른 제1 확대용 렌즈를 나타내는 블록도이다.

도 8은 높은 개구수와 낮은 배율을 갖는 렌즈의 광학수차와 해당 렌즈를 통해 얻는 광의 점 퍼짐 함수의 일 예시이다.

도 9는 일 실시예에 따른 광학수차 제거부를 통해 렌즈의 광학수차가 제거된 깨끗한 파면의 일 예시이다.

도 10은 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 프로그램이 물체의 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 11은 일 실시예에 따른 현미경이 물체의 대면적 고해상도 영상을 생성하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0035] 본 발명의 실시 예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시 예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0036] 도 1은 일 실시예에 따른 현미경을 나타내는 블록도이다.

[0037] 도 1을 참조하면, 현미경(100)은 대물렌즈(110), 거울(120), 확대경(130) 및 카메라 센서(140)를 포함할 수 있다.

[0038] 대물렌즈(110)는 현미경(100) 내에서 확대 관찰하고자 하는 물체와 가장 가까이 있는 렌즈로서, 현미경(100)을 통해 물체를 확대 관찰할 때, 물체가 내는 빛을 처음으로 받아 모으는 역할을 할 수 있다.

[0039] 실시예에 따라, 대물렌즈(110)는 집광 렌즈(condensing lens)일 수도 있으나, 집광 렌즈가 아닌 일반 렌즈일 수도 있다.

[0040] 거울(120)은 대물렌즈(110)를 통과한 빛을 반사시켜 확대경(130)으로 전달시킬 수 있다.

[0041] 실시예에 따라, 거울(120)은 회전이 가능한 갈보노미터 거울(galvonometer mirror)일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0042] 거울(120)은 각도가 변경 가능하도록 설치된 것일 수 있다. 실시예에 따라, 거울(120)은 고해상도 영상 획득 장치(도 2의 200)의 제어 또는 기타 방법에 따라, 대물렌즈(110)를 통과한 빛을 확대경(130)으로 전달하는 각도를 변경시킬 수 있다. 이에 대해서는 도 2 및 도 3을 통해 보다 자세히 설명하기로 한다.

[0043] 도 1에서는 거울(120)은 각도가 양방향(좌/우 및/또는 위/아래)으로 변경 가능한 것으로 도시되어 있지만, 이에 한정되지 않는다. 즉, 실시예에 따라, 거울(120)은 각도가 단방향(좌 또는 우 및/또는 위 또는 아래)으로만 변경 가능할 수도 있다.

[0044] 확대경(130)은 거울(120)을 통해 반사된 빛을 확대시킬 수 있다.

[0045] 실시예에 따라, 확대경(130)은 거울(120)을 통해 반사된 빛의 광학수차를 제거할 수 있다. 이에 대해서는 도 2 및 도 3을 통해 보다 자세히 설명하기로 한다. 여기서, 수차(aberration)는 상을 맺을 때 한점에서 나온 빛이 렌즈 등의 광학계를 통한 다음 한점에 모이지 않고 영상이 빛깔이 있어 보이거나 일그러지는 현상을 의미할 수 있다.

[0046] 카메라 센서(140)는 복수의 픽셀들을 포함하고, 복수의 픽셀들 각각에 확대경(130)을 통해 확대된 빛의 상이 맺혀 확대 관찰하고자 하는 물체를 확인할 수 있도록 할 수 있다.

[0047] 도 2는 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 장치를 나타내는 블록도이다.

[0048] 도 1 및 도 2를 참조하면, 고해상도 영상 획득 장치(200)는 현미경(100)을 통해 물체를 확대 관찰 시에 현미경(100) 내 광 정보의 전달 경로를 변조하고, 현미경(100)에 포함된 렌즈의 광학수차를 제거하여 보다 고해상도의 영상을 획득하기 위한 것으로서, 프로세서(210) 및 메모리(220)를 포함할 수 있다.

[0049] 프로세서(210)는 고해상도 영상 획득 장치(200)의 동작을 전반적으로 제어할 수 있다.

[0050] 메모리(220)는 고해상도 영상 획득 프로그램(300) 및 고해상도 영상 획득 프로그램(300)의 실행에 필요한 정보를 저장할 수 있다.

[0051] 본 명세서에서 고해상도 영상 획득 프로그램(300)은 현미경(100)을 통해 고해상도의 영상을 획득하기 위하여, 현미경(100) 내 광 정보의 전달 경로를 변조하고, 현미경(100)에 포함된 렌즈의 광학수차를 제거하도록 프로그램된 명령어들을 포함하는 소프트웨어를 의미할 수 있다.

[0052] 프로세서(210)는 고해상도 영상 획득 프로그램(300)을 실행하기 위하여 메모리(220)에서 고해상도 영상 획득 프

로그램(300) 및 고해상도 영상 획득 프로그램(300)의 실행에 필요한 정보를 로드할 수 있다.

[0053] 프로세서(210)는, 고해상도 영상 획득 프로그램(300)을 실행하여, 현미경(100) 내 광 정보의 전달 경로를 변조하고, 현미경(100)에 포함된 렌즈의 광학수차를 제거할 수 있다.

[0054] 고해상도 영상 획득 프로그램(300)의 기능 및/또는 동작에 대하여는 도 3을 통해 상세하게 살펴보기로 한다.

[0055] 실시예에 따라, 고해상도 영상 획득 장치(200)는 현미경(100)에 포함될 수 있다. 즉, 실시예에 따라, 고해상도 영상 획득 장치(200)는 현미경(100)이 물체를 확대 관찰하고자 할 때, 현미경(100) 내 광 정보의 전달 경로를 변조하고, 현미경(100)에 포함된 렌즈의 광학수차를 제거하는 역할을 하는 현미경(100) 내 구성에 해당할 수 있다.

[0056] 도 3은 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 프로그램의 기능을 개념적으로 나타내는 블록도이고, 도 4는 카메라 센서의 픽셀의 크기가 미세구조의 크기보다 커 나이퀴스트 샘플링 법칙을 만족하지 못한 일 예시를 나타내고, 도 5는 나이퀴스트 샘플링 법칙을 만족하기 위해 확대용 렌즈를 사용했지만, 사용된 확대용 렌즈의 SBP로 인해 한번에 관찰 가능한 면적의 크기가 제한된 일 예시를 나타내고, 도 6은 일 실시예에 따른 확대경을 나타내는 블록도이고, 도 7은 일 실시예에 따른 제1 확대용 렌즈를 나타내는 블록도이다.

[0057] 도 2 및 도 3을 참조하면, 고해상도 영상 획득 프로그램(300)은 광 정보 전달 경로 변경부(310) 및 광학수차 추정부(320)를 포함할 수 있다.

[0058] 도 3에 도시된 광 정보 전달 경로 변경부(310) 및 광학수차 추정부(320)는 고해상도 영상 획득 프로그램(300)의 기능을 쉽게 설명하기 위하여 고해상도 영상 획득 프로그램(300)의 기능을 개념적으로 나눈 것으로서, 이에 한정되지 않는다. 실시예들에 따라, 광 정보 전달 경로 변경부(310) 및 광학수차 추정부(320) 각각의 기능은 병합/분리 가능하며, 하나의 프로그램에 포함된 일련의 명령어들로 구현될 수 있다.

[0059] 광 정보 전달 경로 변경부(310)는 거울(120)의 각도가 변경하여 광 정보의 전달 경로를 변경할 수 있다.

[0060] 보다 자세하게는, 광 정보 전달 경로 변경부(310)는 거울(120)의 각도 및 제1 확대용 렌즈(도 6의 131)의 초점 거리에 기초하여 광 정보의 전달 경로를 변경할 수 있다.

[0061] 만약 카메라 센서의 제작에 한계가 없어 픽셀의 크기는 빛의 파장 정도이고, 픽셀의 수는 무한대인 카메라 센서를 제작할 수 있다면, 후술할 바와 같이, 렌즈의 광학수차만을 제거하더라도 물체를 넓은 면적(대면적)으로 한번에(또는 적은 횟수로) 관찰할 수 있지만, 현실적으로는 이와 같은 카메라 센서는 존재하지 않는다.

[0062] 또한, 도 4를 더 참조하면, 현미경 내 대물렌즈(110)가 물체의 미세구조를 모두 측정할 수 있더라도 카메라 센서의 픽셀의 크기가 미세구조의 크기보다 크다면 나이퀴스트 샘플링(Nyquist sampling) 법칙을 만족하지 못해 고해상도 영상을 얻을 수 없다. 따라서, 현존하는 카메라 센서의 크기를 고려하여 광 정보 전달 과정 중에 광학적으로 이미지를 확대할 필요가 있는데, 도 5에 도시된 바와 같이, 나이퀴스트 샘플링 법칙을 만족하기 위해 확대용 렌즈(즉, 확대경(130))를 사용할 경우, 사용되는 확대용 렌즈들의 SBP로 인해 한번에 관찰 가능한 면적의 크기가 제한될 수 있다. 한편, 확대 관찰하고자 하는 물체를 한번에 관찰하지 못하는 경우, 확대 관찰하고자 하는 물체를 움직이면서 여러 이미지를 촬영한 후에, 촬영한 이미지들을 합쳐 하나의 이미지로 만들 수도 있다. 다만, 이러한 경우, 물체의 이동에 의해 촬영 속도가 늦어지는 문제도 발생할 수 있다.

[0063] 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해, 광 정보 전달 경로 변경부(310)는 거울(120)의 각도를 좌우, 위아래로 변경하여 여러 장의 확대된 이미지를 촬영할 수 있다. 이를 통해, 현미경(100)은 확대 관찰하고자 하는 물체를 고해상도로 빠르게 촬영할 수 있다.

[0064] 실시예에 따라, 광 정보 전달 경로 변경부(310)는, 아래의 수학식 2와 같이, 거울(120)의 각도를 변경하여 확대경(130) 내 렌즈의 초점 거리의 비율대로 광 정보를 2차원 공간 상에서 이동시킬 수 있다.

수학식 2

[0065] $$Light_{x',y'} = f \cdot \sin\theta_{x,y}$$

[0066] 여기서, f는 확대경(130) 내 렌즈(보다 자세하게는, 제1 확대용 렌즈(도 6의 131))의 초점 거리를 나타내고, x,

y는 거울(120)의 각도를 변경하기 전에 카메라 센서(140) 상의 공간 좌표를 나타내고, Θ는 거울(120)의 회전 각도를 나타내고, x', y'는 거울(120)의 각도를 변경한 후의 카메라 센서(140) 상의 공간 좌표를 나타내고, $Light_{x', y'}$는 거울(120)의 각도를 변경한 후의 카메라 센서(140) 상의 공간 좌표의 이동거리를 나타낼 수 있다.

[0067] 렌즈는 광학적으로 푸리에 변환(fourier transform)을 수행하는데, 이에 따라 렌즈를 통과한 광 정보는 푸리에 변환되어 렌즈의 다음 초점면(이른바, 퓨리에 면)에 맺히게 된다. 렌즈를 통과한 광 정보는 다음 렌즈를 통해 다시 푸리에 변환되어 카메라 센서에 최종적으로 맺히게 된다. 이때, 푸리에 면(fourier plane)에 회전이 가능한 거울(120)(예컨대, 갈보노미터 거울)을 두고 광 정보 전달 경로 변경부(310)가 거울(120)의 각도(즉, 푸리에 면에서의 파면의 각도)를 바꿔줄 경우, 광 정보 전달 경로 변경부(310)는 다음 렌즈를 통과한 후 한번 더 푸리에 변환된 광 정보를 카메라 센서 상에서 공간적으로 이동시킬 수 있다.

[0068] 이와 같은 광 정보의 이동이 가능해지면, 광 정보의 이동 후 이루어지는 영상의 확대는 더 이상 정보의 손실로 이어지지 않을 수 있다. 오히려 이와 반대로, 현존하는 카메라들의 픽셀 수 제한을 극복할 수 있도록 물체의 여러 영역을 순차적으로 고속 촬영할 수 있는 방법이 될 수 있다. 이때, 현미경(100)은 물체의 여러 영역을 순차적으로 촬영하지만, 물체는 전혀 움직이지 않으며, 거울(120)만 회전하기 때문에, 물체의 이동에 따른 시간적 비용이 발생하지 않을 수 있다.

[0069] 한편, 실시예에 따라, 거울(120)의 각도 변경의 변경 단위, 변경 상한 각도 및 변경 하한 각도 중에서 적어도 하나는 거울(120)의 스펙 정보에 기초하여 결정될 수 있다.

[0070] 광학수차 추정부(320)는 거울(120)을 통해 공간 이동된 광 정보의 광학수차를 추정할 수 있다.

[0071] 보다 자세하게는, 광학수차 추정부(320)는 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여 렌즈의 광학수차를 추정하고, 광 정보에서 추정된 광학수차를 제거하도록 할 수 있다.

[0072] 실시예에 따라, 상기 광학수차 추정 방법은 제니케 다항식(Zernike polynomial)을 이용하는 제1 방법, 광학수차를 영상화하여 추정하는 제2 방법 및 빛의 세기의 측정을 이용하는 제3 방법을 포함할 수 있다.

[0073] 우선, 제1 방법을 이용한 광학수차 추정 방법을 설명하면, 광학수차 추정부(320)는 아래의 수학식 3과 같이 제니케 다항식을 이용하여 광학수차를 추정할 수 있다.

수학식 3

[0074] $$Abb = \sum_{n=1}^{N} A_n \times Z_n$$

[0075] 여기서, Abb는 추정된 광학수차를 나타내고, Z_n은 n-번째 제니케 다항식을 나타내고, A_n은 n-번째 제니케 다항식(Z_n)의 진폭(amplitude)을 나타내고, N은 정수를 나타낼 수 있다.

[0076] 공간상 픽셀을 basis로 사용할 경우, 수백만 개의 픽셀의 위상 값을 각각마다 정의해야 하지만, 광학수차의 대칭적 특성을 이용하면 제니케 다항식을 기반으로 수십개의 basis만 사용하더라도 광학수차를 정확하게 모사할 수 있다.

[0077] 도 6을 더 참조하면, 확대경(130)은 제1 확대용 렌즈(131), 광학수차 제거부(133) 및 제2 확대용 렌즈(135)을 포함할 수 있다.

[0078] 거울(120)을 통해 들어온 광 정보는 제1 확대용 렌즈(131)를 통해 확대되고, 제1 확대용 렌즈(131)를 통해 확대된 광 정보는 광학수차 추정부(320)에 의해 추정된 광학수차를 이용하여 광학수차 제거부(133)에서 광학수차가 제거되고, 광학수차가 제거된 광 정보는 제2 확대용 렌즈(135)를 통해 다시 확대될 수 있다.

[0079] 실시예에 따라, 제1 확대용 렌즈(131) 및 제2 확대용 렌즈(135) 중에서 적어도 하나는 집광 렌즈와 같이 높은 개구수(high NA)와 낮은 배율(low Mag)을 갖는 렌즈일 수 있다.

[0080] 즉, 고해상도 이미징에 사용되는 고해상도 렌즈들은 광학수차를 최소화하기 위해 관찰 영역이 제한되어 왔는데, 고해상도 이미징이 아닌 단순한 빛 세기 측정이나 빛 전달을 위해 사용되는 집광 렌즈와 같이 높은 개구수와 낮은 배율을 갖는 렌즈들은 광학수차가 심하기 때문에 실제로 고해상도 영상을 획득하기 위한 렌즈로 사용하기에

부적합할 수 있다. 따라서, 광학수차 추정부(320)가 제니케 다항식(Z_n)에 대응되는 진폭(A_n)을 계산하고, 계산한 진폭(A_n)과 진폭(A_n)에 대응되는 제니케 다항식(Z_n)을 이용하여 광학수차를 추정함으로써, 광학수차 제거부(133)는 현미경(100) 내 렌즈의 광학수차를 제거할 수 있다.

[0081] 실시예에 따라, 대물렌즈(110)의 광학수차가 제거될 수 있지만, 이에 한정되지 않는다. 즉, 광학수차 제거부(133)는 대물렌즈(110)의 광학수차를 제거할 수 있지만, 대물렌즈(110), 제1 확대용 렌즈(131) 및 제2 확대용 렌즈(135) 중에서 적어도 하나의 광학수차도 제거할 수 있다.

[0082] 실시예에 따라, 광학수차 제거부(133)는 파면 제어기 또는 위상판을 포함할 수 있다. 즉, 광학수차 제거부(133)는 파면 제어기를 이용하여 소프트웨어적으로 광 정보에서 광학수차를 제거한 후 깨끗한 파면을 생성할 수 있으며, 또는, 추정된 광학수차의 위상공액에 해당하는 위상판을 이용하여 물리적으로 광학수차를 제거할 수도 있다.

[0083] 이와 같이, 본 명세서의 현미경(100)은 기존 저품질 렌즈의 광학수차를 보정하여 고품질 렌즈로 새롭게 활용함으로써(이른바, 적응광학 기술), 기존 고해상도 영상에 사용하기 부적합했던 집광렌즈 등의 저품질 렌즈들의 NA를 모두 활용하여 고해상도 영상을 획득할 수 있다.

[0084] 또한, 제2 방법을 이용한 광학수차 추정 방법을 설명하면, 물체를 확대 관찰하기 위해 물체에 조사하는 빛의 종류가 간섭성 광원(coherent light)인 경우, 광학수차 추정부(320)는 간섭성 광원을 이용하여 점광원을 생성한 후, 점광원에서 발생한 구면파를 측정하고, 측정한 구면파를 통해 광학수차를 추정할 수 있다.

[0085] 즉, 렌즈의 광학수차가 없다면, 점광원에서 발생한 구면파는 푸리에 변환되어 평면파로서 렌즈의 개구를 통해 출력될 수 있다. 하지만, 렌즈의 광학수차가 존재한다면 파면이 왜곡되고, 왜곡된 파면의 모양은 광학수차에 대응될 수 있다. 따라서, 광학수차 추정부(320)는 구면파가 푸리에 변환된 평면파의 왜곡 여부를 측정하고, 왜곡된 파면의 모양을 통해 광학수차를 추정할 수 있다.

[0086] 마지막으로, 제3 방법을 이용한 광학수차 추정 방법을 설명하면, 물체를 확대 관찰하기 위해 물체에 조사하는 빛의 종류가 형광체와 같은 비간섭성 광원(incoherent light)인 경우, 광학수차 추정부(320)는 파면측정 센서(예컨대, Shack-Hartmann 센서)를 이용하여 광의 세기를 측정하고, 측정된 광의 세기를 통해 광의 파면 정보를 추출하고, 광의 파면 정보를 이용하여 렌즈의 광학수차를 추정할 수 있다.

[0087] 또는, 광학수차 제거부(133)가 파면 제어기를 포함하는 경우, 광학수차 추정부(320)는 파면 제어기를 이용하여 점광원이 가장 깨끗하고 작은 점이 되도록 하는(즉, 소정의 광학수차 제거 기준을 만족하여 광학수차가 제거되었다고 볼 수 있는) 광의 파면 정보를 추출하고, 추출된 파면 정보를 이용하여 렌즈의 광학수차를 추정할 수 있다.

[0088] 제2 방법 및 제3 방법 또한, 광학수차 제거부(133)가 파면 제어기 또는 위상판을 포함하는 경우, 광학수차 제거부(133)는 파면 제어기를 이용하여 소프트웨어적으로 광 정보에서 광학수차를 제거한 후 깨끗한 파면을 생성하거나, 추정된 광학수차의 위상공액에 해당하는 위상판을 이용하여 물리적으로 광학수차를 제거할 수 있다.

[0089] 한편, 실시예에 따라, 거울(120)의 각도가 변경되는 경우, 렌즈의 광학수차의 특성이 달라지므로, 광학수차 추정부(320)는 거울(120)의 각도에 기초하여, 광학수차를 다시 추정할 수 있다.

[0090] 보다 자세하게는, 거울(120)의 각도를 변경시킨 경우, 광 정보 전달 경로 변경부(310)는 거울(120)의 각도 변경 정보를 광학수차 추정부(320) 및 카메라 센서(140) 중에서 적어도 하나로 전달할 수 있다. 광학수차 추정부(320)는 각도 변경 정보를 수신하면 렌즈의 광학수차를 다시 추정하고, 카메라 센서(140)는 각도 변경 정보를 수신하면 각 픽셀에 맺힌 광 정보(영상 정보)를 다시 확인할 수 있다(즉, 카메라 센서(140)는 각도 변경 정보를 수신하면 촬영을 다시 수행할 수 있다).

[0091] 또한, 실시예에 따라, 대물렌즈(110)의 개구(back aperture)는 거울(120)과 광학적으로 공액 관계(conjugate)에 있을 수 있는데, 이와 같이 공액 관계의 대물렌즈(110)의 개구와 거울(120)이 형성하는 공간 평면을 현미경(100)의 푸리에 면이라 부른다.

[0092] 제1 확대용 렌즈(131)는 푸리에 면을 통과한 광 정보의 확대 배율을 변경할 수 있다. 제1 확대용 렌즈(131)를 통해 배율이 변경된 광 정보는 광학수차 제거부(133)에 맺혀 광학수차가 제거될 수 있다. 광학수차 제거부(133)에서 광학수차가 제거된 광 정보(파면)는 제2 확대용 렌즈(135)에 의해 다시 푸리에 변환되고, 광학수차 제거 및 푸리에 변환 후의 깨끗한 영상이 카메라 센서(140)에 맺힐 수 있다.

[0093] 이때, 영상의 최종 배율은 제1 확대용 렌즈(131)의 초점 거리 및 제2 확대용 렌즈(135)의 초점 거리에 기초하여 결정될 수 있다. 예컨대, 제1 확대용 렌즈(131)의 초점 거리가 100㎜이고, 제2 확대용 렌즈(135)의 초점 거리가 300㎜인 경우, 확대경(130)의 확대 배율은 3배로 결정될 수 있다.

[0094] 한편, 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 확대용 렌즈(131)는 두 개의 렌즈들(131-1, 131-2)을 포함할 수 있다. 즉, 제1 확대용 렌즈(131)는 두 개의 렌즈들의 조합으로 구성될 수 있다. 실시예에 따라, 두 개의 렌즈들(131-1, 131-2)의 초점 거리는 동일할 수 있다. 따라서, 두 개의 렌즈들(131-1, 131-2)의 초점 거리가 100㎜이고, 제2 확대용 렌즈(135)의 초점 거리가 300㎜인 경우, 확대경(130)의 확대 배율은 3배로 결정될 수 있다.

[0095] 또한, 실시예에 따라, 광학수차 제거부(133)가 파면 제어기를 포함하는 경우, 파면 제어기는 고해상도 영상 획득 프로그램(300)에 포함될 수 있고, 별도의 프로그램에 해당할 수도 있다. 다만, 파면 제어기가 고해상도 영상 획득 프로그램(300)과 구분되는 별도의 프로그램에 해당하더라도, 각각의 프로그램이 고해상도 영상을 획득하기 위한 기능의 적어도 일부를 수행한다면, 해당 프로그램들을 묶어 전체를 고해상도 영상 획득 프로그램(300)으로 이해할 수도 있다.

[0096] 도 8은 높은 개구수와 낮은 배율을 갖는 렌즈의 광학수차와 해당 렌즈를 통해 얻는 광의 점 퍼짐 함수의 일 예시이고, 도 9는 일 실시예에 따른 광학수차 제거부를 통해 렌즈의 광학수차가 제거된 깨끗한 파면의 일 예시이다.

[0097] 도 8을 참조하면, 집광 렌즈와 같이 높은 개구수와 낮은 배율을 갖는 렌즈들은 광학수차가 크며, 이로 인해서 더 크고 왜곡된 형태의 광 초점을 만드는 것을 확인할 수 있다.

[0098] 도 9를 더 참조하면, 광학수차 추정부(320)를 이용하여 렌즈의 광학수차를 추정하고, 광학수차 제거부(133)를 이용하여 추정한 광학수차의 위상공액을 광 정보에 적용함으로써, 해당 렌즈의 개구수로 정의되는 회절한계에 대응되는 깨끗하고 작은 광 초점을 복원할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0099] 도 10은 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 프로그램이 물체의 대면적 고해상도 영상을 촬영하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0100] 도 1, 도 3 및 도 10을 참조하면, 광 정보 전달 경로 변경부(310)는 거울(120)의 각도 및 확대경(130) 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 광 정보의 전달 경로를 변경할 수 있다(S1000).

[0101] 광학수차 추정부(320)는 소정의 광학수차 추정 방법을 이용하여 대물렌즈(110)의 광학수차를 추정할 수 있다(S1010).

[0102] 광학수차 제거부(133)는 파면 제어기를 이용하여 광 정보에서 추정된 광학수차를 제거하고(S1020), 카메라 센서(140)는 광학수차가 제거된 광 정보를 이용하여 획득하여 물체를 확대 관찰한 영상을 촬영할 수 있다.

[0103] 도 11은 일 실시예에 따른 현미경이 물체의 대면적 고해상도 영상을 생성하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0104] 도 1, 도 3 및 도 11을 참조하면, 현미경(100)의 재물대(미도시)에 확대 관찰하고자 하는 물체가 위치되면(S1100), 광학수차 추정부(320)는 대물렌즈(110)의 광학수차를 추정하고(S1110), 카메라 센서(140)는 확대경(130)을 통과한 후 각각의 픽셀에 맺힌 광 정보를 이용하여 확대된 물체를 촬영할 수 있다(S1120).

[0105] 한편, 광 정보 전달 경로 변경부(310)가 거울(120)의 각도를 변경한 경우(S1130의 '예'), 광학수차 추정부(320)는 렌즈의 광학수차를 다시 추정하고(S1110), 카메라 센서(140)는 각각의 픽셀에 맺힌 광 정보를 이용하여 다시 확대된 물체를 촬영할 수 있다(S1120).

[0106] 본 발명의 실시예에 의하면, 렌즈의 광학수차를 제거하고, 거울의 각도를 변경함으로써, 고해상도이면서 넓은 면적을 촬영할 수 있다.

[0107] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 고해상도 대면적 이미징을 위해 물체의 물리적인 이동이 필요한 현재의 광학 영상 시스템과는 달리, 현미경 내 거울의 각도를 변경하여 확대 관찰하고자 하는 물체의 여러 영역을 고속으로 촬영함으로써, 고해상도 대면적 영상을 촬영할 때 발생하는 물체의 이동에 따른 시간적 비용을 감소시킬 수 있다.

[0108] 이와 같은 특성은 바이오 이미징, 자동운전, 원거리 감시, 컴퓨터 비전 등 고품질 영상이 필수적인 다양한 분야에서 응용이 가능하여 그 경제적 파급력이 상당할 수 있다. 특히, 일 실시예에 따른 고해상도 영상 획득 방법은 간섭 혹은 비간섭성 광원을 이용한 이미징에 모두 적용 가능하여 현존하는 대부분 이미징 기술에 적용될 수 있

다. 이와 같은 고속 처리량(high throughput) 이미징 기술은 빅데이터가 필수적인 다양한 분야에서 핵심적인 역할을 하게 될 것으로 기대되며, 또한, 대면적 고정밀 비파괴 검사가 필요한 첨단 반도체 소재 검사 등 산업현장에서의 상당한 파급력이 있을 수 있다.

[0109] 본 발명에 첨부된 블록도의 각 블록과 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록 또는 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방법으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 또는 흐름도 각 단계에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 및 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0110] 또한, 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시 예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들 또는 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0111] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 품질에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0112] 100: 현미경

110: 대물렌즈

120: 거울

130: 확대경

131: 제1 확대용 렌즈

133: 광학수차 제거부

135: 제2 확대용 렌즈

140: 카메라 센서

200: 고해상도 영상 획득 장치

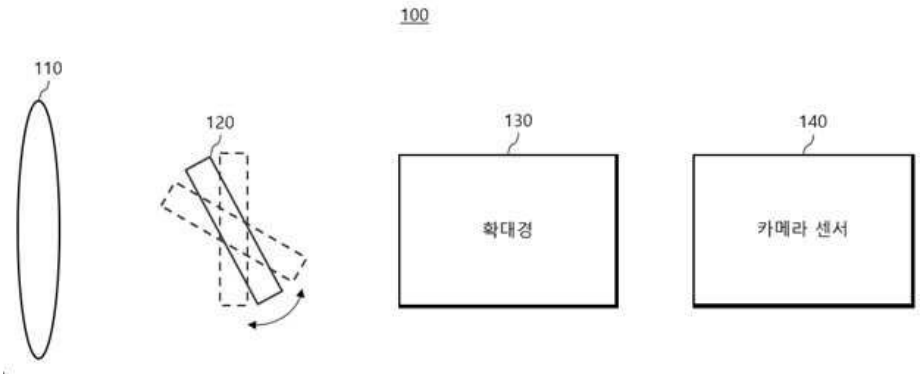
300: 고해상도 영상 획득 프로그램

310: 광 정보 전달 경로 변경부

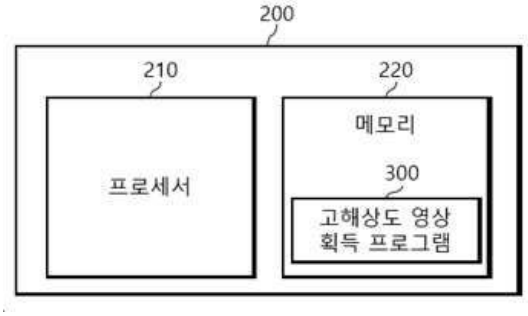
320: 광학수차 추정부

도면

도면1



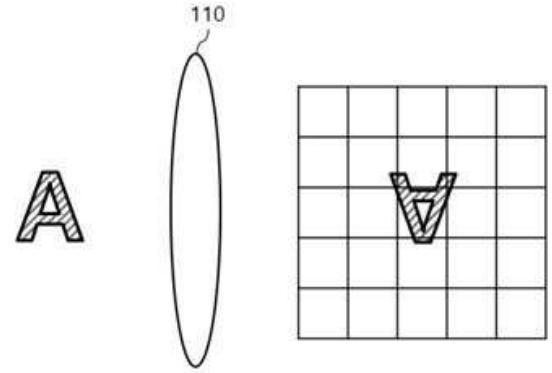
도면2



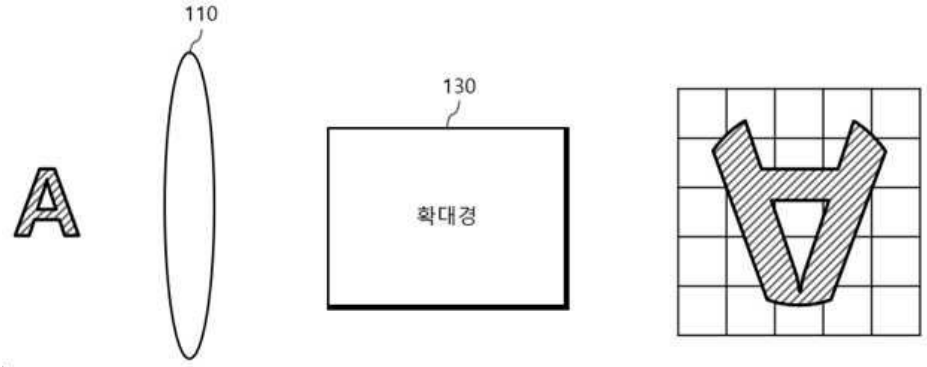
도면3



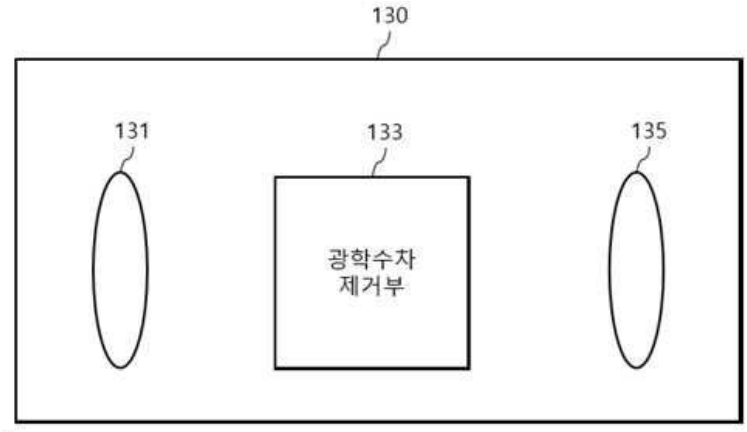
도면4



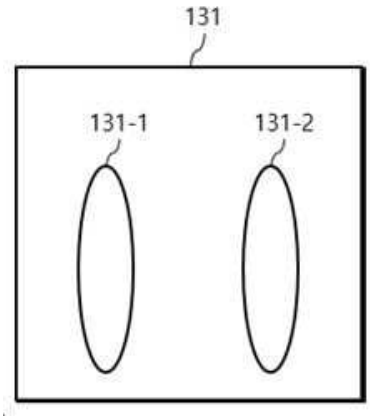
도면5



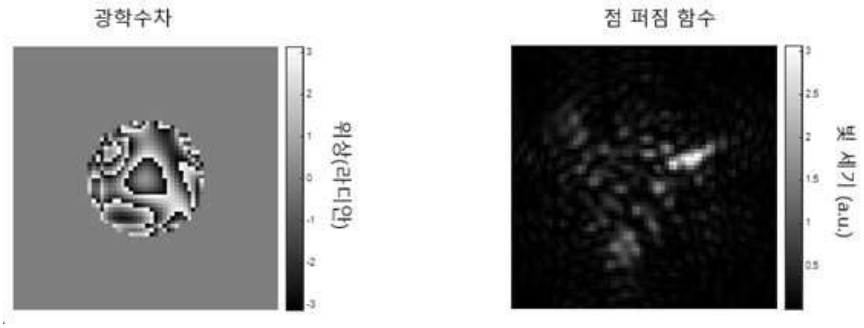
도면6



도면7


131
131-1
131-2

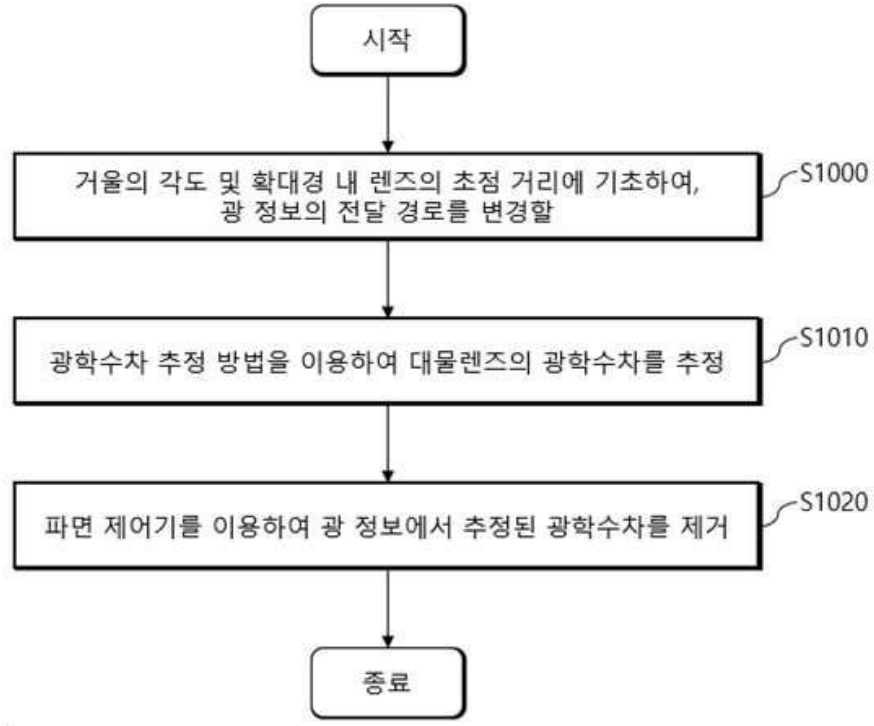
도면8


광학수차
위상(라디안)
점 퍼짐 함수
빛 세기 (a.u.)

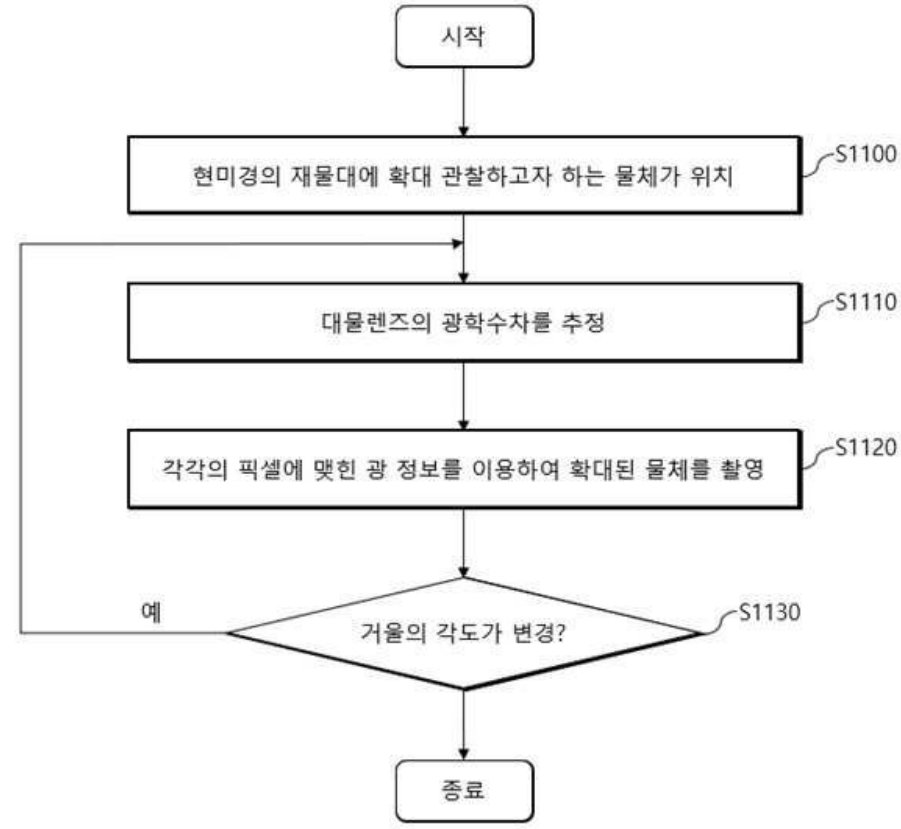
도면9


광학수차
위상(라디안)
광학수차의 위상공액
위상(라디안)
점 퍼짐 함수
빛 세기 (a.u.)

도면10


시작
거울의 각도 및 확대경 내 렌즈의 초점 거리에 기초하여, 광 정보의 전달 경로를 변경할
S1000
광학수차 추정 방법을 이용하여 대물렌즈의 광학수차를 추정
S1010
파면 제어기를 이용하여 광 정보에서 추정된 광학수차를 제거
S1020
종료

도면11


시작
현미경의 재물대에 확대 관찰하고자 하는 물체가 위치
S1100
대물렌즈의 광학수차를 추정
S1110
각각의 픽셀에 맺힌 광 정보를 이용하여 확대된 물체를 촬영
S1120
예
거울의 각도가 변경?
S1130
종료