



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0068723
(43) 공개일자 2020년06월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04N 5/355 (2011.01) A61B 5/00 (2006.01)
G01N 21/64 (2006.01) G02B 26/10 (2006.01)
G03B 15/05 (2015.01) G03B 39/00 (2006.01)
H04N 5/372 (2011.01)

(52) CPC특허분류

H04N 5/35536 (2013.01)
A61B 5/0071 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7013984

(22) 출원일자(국제) 2018년10월18일
심사청구일자 2020년05월15일

(85) 번역문제출일자 2020년05월15일

(86) 국제출원번호 PCT/US2018/056451

(87) 국제공개번호 WO 2019/079556

국제공개일자 2019년04월25일

(30) 우선권주장

62/574,043 2017년10월18일 미국(US)
16/163,094 2018년10월17일 미국(US)

(71) 출원인

퍼킨엘머 헬스 사이언시즈, 아이엔씨.

미합중국 매사추세츠 (우편번호 02451) 월샘 윈터 스트리트 940

(72) 발명자

베흐루즈, 알리

미국 02451 매사추세츠, 월샘 윈터 스트리트 940
씨/오 퍼킨엘머 헬스 사이언시즈, 인크.

헐리, 윌리엄

미국 02451 매사추세츠, 월샘 윈터 스트리트 940
씨/오 퍼킨엘머 헬스 사이언시즈, 인크.

파키르, 일리아스

미국 02451 매사추세츠, 월샘 윈터 스트리트 940
씨/오 퍼킨엘머 헬스 사이언시즈, 인크.

(74) 대리인

남호현

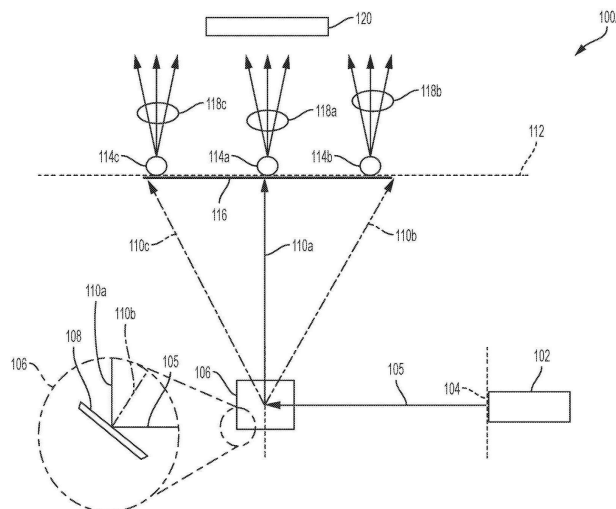
전체 청구항 수 : 총 100 항

(54) 발명의 명칭 전하결합소자(CCD) 카메라를 이용한 신속하고 높은 다이내믹 레인지 이미지 획득

(57) 요약

본원에서는 조명을 CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 동기화함으로써 단층촬영 이미징을 위해 CCD 카메라로 빠른 이미지 획득을 제공하는 시스템 및 방법이 제시된다. 본원에 설명된 시스템 및 방법은 짧은 이미지 획득 시간을 이용하여 이미지가 CCD 카메라로 획득되게 하며, 그렇지 않으면, 획득된 이미지 내에 심각한 아티팩트가 도입될 것이다. 이러한 고유의 성능은 이미지를 획득하기 위해 사용되는 CCD 카메라의 특정 단계들 동안 이미징될 하나 이상의 대상(들)을 선택적으로 조명함으로써 달성된다. 이러한 방식으로 아티팩트 없는 이미지들을 획득하는 데에 필요한 시간을 감소시키는 것은 CCD 카메라로 빠른 이미징을 가능하게 한다. 이러한 성능은, 하나 이상의 대상들의 다수의 이미지들이 획득되고 하나의 단층촬영 이미지를 생성하기 위해 사용되는, 단층촬영 이미징 접근법들과 특히 관련된다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 5/0073 (2013.01)

A61B 5/7203 (2013.01)

G01N 21/6456 (2013.01)

G02B 26/105 (2013.01)

G03B 15/05 (2018.05)

G03B 39/00 (2013.01)

H04N 5/372 (2013.01)

G01N 2021/1787 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위하여 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 방법으로서, 상기 방법은:

(a) 조명원의 출력부로부터 방출된 조명 광의 빔을 소스 검류계 미러로 지향시키는 단계 - 상기 소스 검류계 미러는 복수의 각도로 회전하도록 작동 가능함 -;

(b) 제1 회전 각도 및 제2 회전 각도를 포함하는 복수의 회전 각도에서의 정렬을 위해 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계 - 상기 제1 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향됨에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하도록 정렬되고, 상기 제2 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)이 조명되지 않도록 이미징될 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향되도록 정렬됨 -; 및

(c) 상기 CCD 카메라를 이용하여 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계를 포함하고,

상기 CCD 카메라는 (i) 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 광을 검출하도록 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출하도록 정렬되고 동작가능하며,

상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는:

(A) 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 단계; 및

(B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 단계를 포함하여,

상기 CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시키는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속 기간은 400 ms 이하인, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만인, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만인, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들을 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2인치 이상인, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상인, 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상인, 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상인, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하인, 방법.

청구항 11

제1항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는, 컴퓨팅 장치의 제1 프로세서에 의해, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계를 개시하기 위해 상기 CCD 카메라에 이미지 획득 신호를 제공하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는, 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 소스 검류계 미러에 회전 신호를 제공하는 단계를 포함 - 상기 회전 신호의 값의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 - 하고;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키고;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기

제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는, 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는:

상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정하는 단계를 포함하고,

상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화에 대응하고,

상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화에 대응하는, 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소스 검류계 미러 및 상기 조명원은 소스하우징 내에 수용되고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스하우징의 출구 포트를 통과하고, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되는, 방법.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원, 상기 소스 검류계 미러, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라는 주변광에 대해서 실질적으로 불투명한 광학 시스템 하우징 내에 수용되어, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한하는, 방법.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명원으로부터 상기 하나 이상의 대상(들)으로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치한 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계 - 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔은 상기 레이저 셔터를 통과하도록 허용되며, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔은 상기 레이저 셔터에 의해 차단됨 -;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 경우에 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 개방하는 단계; 및

상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 경우에 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 폐쇄하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는, 소스 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해 레이저 셔터 신호를 상기 레이저 셔터에 제공하는 단계를 포함 - 상기 레이저 셔터 신호의 값의 변화는, 상기 레이저 셔터 신

호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 개방되고, 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터의 개방 및/또는 폐쇄를 야기함 - 하고,

상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 개방시키며;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키는, 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는,

상기 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 상기 CCD 출력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 19

제16항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소스 검류계 미러 및 조명원은 소스 하우징 내에 수용되고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고,

상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 위치되는, 방법.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계는, 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하는 단계를 포함하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 각각의 HDR 이미지 세트에 대해:

상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고,

상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속기간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속기간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고,

상기 주어진 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되는, 방법.

청구항 21

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계;

상기 단계 (c)에서, 상기 CCD 카메라로 복수의 이미지들을 획득하는 단계 - 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타냄 -;

컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하는 단계; 및

상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 검류계 광학 스캐너를 사용하여 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 상기 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 23

제21항 또는 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하의 시간에서 획득되는 적어도 100개의 이미지들을 포함하는, 방법.

청구항 24

CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화시키기 위한 방법으로서, 상기 방법은:

(a) 레이저 셔터를 통해 조명원의 출력부로부터 방출된 조명 광의 빔을 이미징될 하나 이상의 대상(들)로 지향시키는 단계;

(b) 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 레이저 셔터를 통과하여 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하게 되고, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 레이저 셔터가 상기 조명 광의 빔을 차단하여, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지하도록, 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계; 및

(c) 상기 CCD 카메라를 이용하여 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계를 포함하고,

상기 CCD 카메라는 (i) 상기 조명 광에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 광을 검출하도록 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출하도록 정렬되고 동작가능하며,

상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는:

(A) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 레이저 셔터를 개방하는 단계; 및

(B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 레이저 셔터를 폐쇄하는 단계를 포함하여,

상기 CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상

기 광역 노출 단계와 동기화시키는, 방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속 기간은 400 ms 이하인, 방법.

청구항 26

제24항 또는 제25항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만인, 방법.

청구항 27

제24항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만인, 방법.

청구항 28

제24항 내지 제27항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들을 포함하는, 방법.

청구항 29

제24항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2인치 이상인, 방법.

청구항 30

제24항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상인, 방법.

청구항 31

제24항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상인, 방법.

청구항 32

제24항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상인, 방법.

청구항 33

제24항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하인, 방법.

청구항 34

제24항 내지 제33항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는, 컴퓨팅 장치의 제1 프로세서에 의해, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계를 개시하기 위해 상기 CCD 카메라에 이미지 획득 신호를 제공하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 35

제24항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는, 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 레이저 셔터에 레이저 셔터 신호를 제공하는 단계를 포함 - 상기 레이저 셔터 신호의 값의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 개방되도록, 그리고 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터를 개방 및 폐쇄시킴 - 하고;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 개방시키며;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키는, 방법.

청구항 36

제35항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는:

상기 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정하는 단계를 포함하고,

상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화에 대응하고,

상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화에 대응하는, 방법.

청구항 37

제24항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원은 소스 하우징 내에 수용되고, 상기 조명 광의 빔은 상기 소스 하우징의 출구 포트로 지향되며, 상기 레이저 셔터는 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록 상기 출구 포트에 위치되는, 방법.

청구항 38

제24항 내지 제37항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원, 상기 레이저 셔터, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라는 주변광에 대해서 실질적으로 불투명한 광학 시스템 하우징 내에 수용되어, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한하는, 방법.

청구항 39

제24항 내지 제38항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 회전 각도 및 제2 회전 각도를 포함하는 복수의 회전 각도에서의 정렬을 위해 상기 조명원으로부터의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치되는 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계 - 상기 제1 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향됨에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하도록 정렬되고, 상기 제2 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)이 조명되지 않도록 이미징될 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향되도록 정렬됨 -;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 개방할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 단계; 및

상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 폐쇄할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는, 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 소스 검류계 미러에 회전 신호를 제공하는 단계를 포함 - 상기 회전 신호의 값의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 - 하고;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키고;

상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는, 방법.

청구항 41

제40항에 있어서, 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는,

상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 42

제39항 내지 제41항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소스 검류계 미러 및 조명원은 소스 하우징 내에 수용되고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고,

상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 위치되는, 방법.

청구항 43

제24항 내지 제42항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계는, 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하는 단계를 포함하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 주어진 HDR 이미지 세트에 대해:

상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고,

상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속기간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속기간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고,

상기 주어진 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되는, 방법.

청구항 44

제24항 내지 제43항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계;

상기 단계 (c)에서, 상기 CCD 카메라로 복수의 이미지들을 획득하는 단계 - 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타냄 -;

컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하는 단계; 및

상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 45

제44항에 있어서, 검류계 광학 스캐너를 사용하여 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 상기 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 46

제44항 또는 제45항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하의 시간에서 획득되는 적어도 100개의 이미지들을 포함하는, 방법.

청구항 47

CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위하여 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의

광역 노출 단계와 동기화하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은:

- (a) 조명 광의 빔을 자신의 출력부로부터 방출하고 상기 조명 광의 빔을 소스 검류계 미러로 지향시키도록 정렬되고 작동 가능한 조명원;
- (b) 복수의 각도를 통해 회전하도록 작동 가능하되, (i) 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향하도록, 그리고 (ii) 제2 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향하도록 정렬되는 소스 검류계 미러 - 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되고, 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않음 -; 및
- (c) (i) 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 광을 검출함으로써 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출함으로써, 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 이미지를 획득하도록 정렬되고 동작 가능한 CCD 카메라;
- (d) 소스 검류계 제어기 모듈 - 상기 소스 검류계 제어기 모듈은,
 - (A) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키도록, 그리고
 - (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록, 동작가능함 -;
- (e) 프로세서; 및
- (f) 저장된 명령들을 갖는 메모리를 포함하되, 상기 명령들은 상기 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 프로세서로 하여금:

상기 CCD 카메라에 의해 획득된 하나 이상의 이미지에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하게 하고; 그리고

상기 획득된 이미지에 대응하는 상기 데이터를 이용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 획득하게 하는, 시스템.

청구항 48

제47항에 있어서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 400 ms 이하인, 시스템.

청구항 49

제47항 또는 제48항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만인, 시스템.

청구항 50

제47항 내지 제49항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만인, 시스템.

청구항 51

제47항 내지 제50항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들을 포함하는, 시스템.

청구항 52

제47항 내지 제51항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2인치 이상인, 시스템.

청구항 53

제47항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상인, 시스템.

청구항 54

제47항 내지 제53항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상인, 시스템.

청구항 55

제47항 내지 제54항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상인, 시스템.

청구항 56

제47항 내지 제55항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하인, 시스템.

청구항 57

제47항 내지 제56항에 있어서, 상기 CCD카메라는 자신의 광역 노출 단계를 개시하기 위해 이미지 획득 신호를 수신함으로써 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 58

제47항 내지 제57항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은,

상기 소스 검류계 미러에 회전 신호를 제공하도록 - 상기 회전 신호의 값의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 -;

상기 제1 트리거 신호를 수신하며, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키도록; 그리고

상기 제2 트리거 신호를 수신하며, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 59

제58 항에 있어서,
 상기 소스 검류계 제어기 모델은,
 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하도록; 그리고
 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정하도록 동작 가능하며,
 상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화에 대응하고,
 상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화에 대응하는, 시스템.

청구항 60

제47항 내지 제59항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소스 검류계 미러 및 상기 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되어, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하고, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되는, 시스템.

청구항 61

제47항 내지 제60항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원, 상기 소스 검류계 미러, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라가 수용되는 광학 시스템 하우징을 포함하고, 상기 광학 시스템 하우징은 주변광에 대해서 실질적으로 불투명하여, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한하는, 시스템.

청구항 62

제47항 내지 제61항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 조명원으로부터 상기 하나 이상의 대상(들)으로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치된 레이저 셔터 - 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 레이저 셔터를 통과하여 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하게 하며, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 차단되어 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지하게 하도록, 자동으로 개방 및 폐쇄되게 동작 가능함 -; 및
 레이저 셔터 제어기 모듈을 포함하고, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은:
 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 때와 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 개방하도록; 그리고
 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 때와 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 폐쇄하도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 63

제62항에 있어서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은,
 레이저 셔터 신호를 상기 레이저 셔터에 제공함으로써 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄 - 상기 레이저 셔터 신호의 값의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 개방되고, 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터의 개방 및/또는 폐쇄를 야기함 - 하도록;
 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 개방시키도록; 그리고

상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 64

제63항에 있어서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은,

상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하도록; 그리고

상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정하도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 65

제62항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소스 검류계 미러 및 상기 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고,

상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고,

상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 위치되는, 시스템.

청구항 66

제47항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라는 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하도록 동작 가능하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 각각의 HDR 이미지 세트에 대해:

상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고,

상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속기간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속기간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고,

상기 주어진 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되는, 시스템.

청구항 67

제47항 내지 제66항 중 어느 한 항에 있어서, 소스 검류계 미러로부터 상기 하나 이상의 대상(들)으로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치되고, 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키도록 동작 가능한 검류계 광학 스캐너를 포함하고, 상기 하나 이상의 획득된 이미지는 복수의 이미지들을 포함하되, 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타내는, 시스템.

청구항 68

제67항에 있어서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하의 시간에서 획득되는 적어도 100개의 이미지들을 포함하는, 시스템.

청구항 69

CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은:

(a) 자신의 출력부로부터 조명 광의 빔을 방출하고, 레이저 셔터를 통하여 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들)으로 지향하도록 정렬되고 동작 가능한 조명원;

(b) 레이저 셔터 - 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 레이저 셔터를 통과하여 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하게 되고, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 레이저 셔터가 상기 조명 광의 빔을 차단하여, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지하도록, 자동으로 개방 및 폐쇄되도록 동작 가능함 -;

(c) (i) 상기 조명 광에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 광을 검출함으로써, 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출함으로써 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 이미지들을 획득하도록 정렬되고 동작 가능한 CCD 카메라;

(d) 레이저 셔터 제어기 모듈 - 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은:

(A) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 레이저 셔터를 개방시키도록; 그리고

(B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키도록 동작 가능함 -;

(e) 프로세서; 및

(f) 저장된 명령들을 갖는 메모리를 포함하되, 상기 명령들은 상기 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 프로세서로 하여금:

상기 CCD 카메라에 의해 획득된 하나 이상의 이미지에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하게 하고; 그리고

상기 획득된 이미지에 대응하는 상기 데이터를 이용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 획득하게 하는, 시스템.

청구항 70

제69항에 있어서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 400 ms 이하인, 시스템.

청구항 71

제69항 또는 제70항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만인, 시스템.

청구항 72

제69항 내지 제71항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만인, 시스템.

청구항 73

제69항 내지 제72항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들을 포함하는, 시스템.

청구항 74

제69항 내지 제73항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2인치 이상인, 시스템.

청구항 75

제69항 내지 제74항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상인, 시스템.

청구항 76

제69항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상인, 시스템.

청구항 77

제69항 내지 제76항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상인, 시스템.

청구항 78

제69항 내지 제77항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하인, 시스템.

청구항 79

제69항 내지 제78항에 있어서, 상기 CCD카메라는 자신의 광역 노출 단계를 개시하기 위해 이미지 획득 신호를 수신함으로써 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 80

제69항 내지 제79항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은,

상기 레이저 셔터에 레이저 셔터 신호를 제공 - 상기 레이저 셔터 신호의 값의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 개방되도록, 그리고 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터를 개방 및 폐쇄시킴

- 하도록;

상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 개방시키도록; 그리고

상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 81

제80 항에 있어서,

상기 레이저 셔터 제어기 모델은,

상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하도록; 그리고

상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정하도록 동작 가능하며,

상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화에 대응하고,

상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화에 대응하는, 시스템.

청구항 82

제69항 내지 제81항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고, 상기 조명 광의 빔은 상기 소스 하우징의 출구 포트에 지향되며, 상기 레이저 셔터는 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록 상기 출구 포트에 위치되는, 시스템.

청구항 83

제69항 내지 제82항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명원, 상기 레이저 셔터, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라가 수용되는 광학 시스템 하우징을 포함하고, 상기 광학 시스템 하우징은 주변광에 대해서 실질적으로 불투명하여, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한하는, 시스템.

청구항 84

제69항 내지 제83항 중 어느 한 항에 있어서,

복수의 각도를 통해 회전하도록 작동 가능하되, (i) 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)으로 지향하도록, 그리고 (ii) 제2 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향하도록 정렬되는 소스 검류계 미러 - 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되고, 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않음 -; 및

소스 검류계 제어기 모듈을 포함하고, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은:

상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 개방할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키고;

상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 폐쇄할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 85

제84항에 있어서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은:

상기 소스 검류계 미러에 회전 신호를 제공함으로써 상기 레이저 셔터를 지동으로 개방 및 폐쇄 - 상기 회전 신호의 값의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 - 시키도록;

상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키도록; 그리고

상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 86

제85항에 있어서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은:

상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호를 수신하도록; 그리고

상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정하도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 87

제84항 내지 제86항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소스 검류계 미러 및 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고,

상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고,

상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 위치되는, 시스템.

청구항 88

제69항 내지 제87항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CCD 카메라는 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하도록 동작 가능하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 각각의 HDR 이미지 세트에 대해:

상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고,

상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속기간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속기간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고,

상기 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되는, 시스템.

청구항 89

제69항 내지 제88항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소스 검류계 미러로부터 상기 하나 이상의 대상(들)로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치하되, 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향하도록 동작 가능한 검류계 광학 스캐너를 포함하고, 상기 하나 이상의 획득된 이미지는 복수의 이미지들을 포함하며, 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타내는, 시스템.

청구항 90

제89항에 있어서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하의 시간에서 획득되는 적어도 100개의 이미지들을 포함하는, 시스템.

청구항 91

CCD 카메라를 이용하여 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트(들)를 획득할 때, 블루밍 아티팩트를 회피하기 위한 방법으로서, 각각의 HDR 이미지 세트는 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하고, 상기 방법은:

하나 이상의 대상(들) 상의 하나 이상의 조명 위치들에서 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하는 단계; 및

상기 하나 이상의 HDR 이미지 세트(들)의 각각의 HDR 이미지 세트에 대하여:

상기 하나 이상의 조명 위치(들) 중 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 (i) 방출된 광 및/또는 (ii) 조명 광을 검출함으로써 상기 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지를 획득하는 단계 - 상기 방출된 광 및/또는 조명 광은 상기 CCD 카메라의 짧은 지속기간 노출 단계 동안 검출됨 -;

(a) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출하는 단계 - 상기 방출된 광 및/또는 조명 광은 상기 긴 노출 이미지가 하나 이상의 포화된 이미지 픽셀들을 포함하도록 상기 CCD 카메라의 긴 지속기간 노출 단계 동안에 검출됨 -; 및

(b) 상기 긴 노출 이미지의 각각의 이미지 픽셀이 비닝된 검출기 픽셀들의 그룹에 대응하도록 상기 CCD 카메라의 온-칩 비닝 레벨을 조정하는 단계 - 비닝된 검출기 픽셀들의 각각의 그룹은 상기 조정된 온-칩 비닝 레벨에 기초하여 상기 CCD 카메라의 총 웰 용량 포화 한계가 상기 CCD 카메라에 대한 A/D 디지털화 포화 한계보다 크도록 개별 검출기 픽셀의 총 웰 용량보다 더 큰 총 웰 용량을 가짐 -; 및

(c) 상기 하나 이상의 포화된 이미지 픽셀들의 포화된 이미지 픽셀에 각각의 그룹이 대응하는 비닝된 검출기 픽셀들의 하나 이상의 그룹이 (i) A/D 디지털화 포화 한계를 초과하기에 충분하지만, 상기 CCD 카메라의 (ii) 상기 총 웰 용량 포화 한계 및 출력 노드 용량 포화 한계는 초과하지 않도록 전하를 축적하기에 충분히 길게 노출되도록, 상기 긴 지속기간 노출 단계의 지속기간을 조정하는 단계에 의해, 상기 HDR 이미지 세트의 상기 긴 노출 이미지를 획득하는 단계를 포함하여,

블루밍 아티팩트를 회피하는 방법.

청구항 92

제91항에 있어서, 각각의 HDR 이미지 세트에 대하여, 제1항 내지 제46항 중 어느 한 항의 방법을 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화함으로써 상기 HDR 이미지 세트의 (i) 상기 짧은 노출 이미지 및/또는 (ii) 상기 긴 노출 이미지를 획득하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 93

이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화함으로써 CCD 카메라를 이용하는 3D 형광 단층촬영 이미징을 위한 방법으로서, 상기 방법은:

- (a) 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들에서 상기 이미징될 하나 이상의 대상(들)을 여기 광의 빔으로 조명하는 단계;
- (b) 상기 CCD 카메라를 이용하여 복수의 이미지들을 획득하는 단계 - 각각의 획득된 이미지는 상기 조명 위치들의 하나 이상의 특정 세트에 대응하되, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 형광 광의 검출 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 여기 광의 검출에 의해 획득되고, 상기 단계 (b)는 각각의 획득된 이미지에 대해, (i) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되고, (ii) 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화함으로써 수행됨 -;
- (c) 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하는 단계; 및
- (d) 상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 3D 단층촬영 이미지(들)를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 94

제93항에 있어서, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화하는 단계는, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있을 때 상기 여기 광의 빔이 방출되는 여기원을 스위칭 온하고, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 여기원을 스위칭 오프하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 95

제93항 또는 제94항에 있어서, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화하는 단계는, 제1항 내지 제46항 중 어느 한 항의 방법을 수행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 96

제93항 내지 제95항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 획득된 이미지들은 제91항 또는 제92항의 방법을 이용하여 획득된 복수의 HDR 이미지 세트들을 포함하는, 방법.

청구항 97

이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화함으로써 CCD 카메라를 이용하는 신속한 3D 형광 단층촬영 이미징 시스템으로서, 상기 시스템은:

- (a) 자신의 출력부로부터 여기 광의 빔을 방출하도록 그리고 상기 여기 광의 빔을 이미징될 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키도록 정렬되고 동작 가능한 여기원;
- (b) 상기 CCD 카메라 - 상기 CCD 카메라는 복수의 이미지들을 획득하도록 정렬되고 동작 가능하며, 각각의 획득된 이미지는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하되, 각각의 획득된 이미지는 하나 이상의 조명 위치

들의 특정 세트에 대응하되, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 형광 광의 검출 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 여기 광의 검출에 의해 획득됨 -;

(c) 각각이 광학 시스템 구성요소들과 연관되는 하나 이상의 제어기 모듈들 - 각각의 제어기 모듈은 (i) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되고, (ii) 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시키도록 동작 가능함 -;

(d) 컴퓨팅 장치의 프로세서; 및

(e) 저장된 명령들을 갖는 메모리로서, 상기 명령들은 상기 프로세서에 의해 실행될 때 상기 프로세서로 하여금:

상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하게 하고;

상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 3D 단층촬영 이미지(들)를 생성하게 하는, 시스템.

청구항 98

제97항에 있어서, 상기 하나 이상의 제어기 모듈들은 상기 하나 이상의 연관된 광학 시스템 구성요소들이 포함하는 여기원에 대한 여기원 제어기 모듈을 포함하고, 상기 여기원 제어기 모듈은 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있을 때 상기 여기원을 스위칭 온 시키고, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 여기원을 스위칭 오프 시킴으로써, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시키도록 동작 가능한, 시스템.

청구항 99

제97항 또는 제98항에 있어서, 상기 하나 이상의 제어기 모듈들 중 적어도 하나는 소스 검류계 제어기 모듈을 포함하고, 상기 하나 이상의 연관된 광학 시스템 구성요소들은 소스 검류계 미러를 포함하는, 시스템.

청구항 100

제97항 내지 제99항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 제어기 모듈들 및 연관된 광학 시스템 구성요소들 중 적어도 하나는 레이저 셔터 제어기 모듈을 포함하고, 상기 하나 이상의 연관된 광학 시스템 구성요소들은 레이저 셔터를 포함하는, 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원

[0002] 본 출원은 2017년 10월 18일에 출원된 미국 임시 출원 제62/574,043호의 우선권을 주장하며, 그 전체 개시내용이 본원에 참고로 포함된다. 본 출원은 2018년 10월 17일에 출원된 미국 정규 출원 제16/163,094호에 우선권을 주장하며, 그 전체 개시내용이 본원에 참고로 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 일반적으로, 본원에 설명된 양태들은 이미징을 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 설명

된 양태들은 CCD 카메라를 이용한 신속한 이미지 획득을 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 작은 동물의 생체 내(in vivo) 이미징은 다양한 분야, 예를 들어 종양학, 감염성 질환 및 약물 탐지 분야의 대규모 연구자 커뮤니티에 의해 수행된다. 예를 들어, 생물 발광(bioluminescence), 형광, X-선 미세산출 단층 촬영(tomography) 및 다중모드 이미징 기술과 같은, 동물의 생체 내 이미징에 관한 다양한 기술이 있다.
- [0006] 많은 이미징 방식은 단층 촬영 방식이다. 단층 촬영은 연구 중인 샘플의 3D 이미지를 획득(예를 들어, 복원)하거나 광학적 특성의 3D 분포를 유추하기 위해 샘플을 투과하거나 샘플에서 발산한 광의 감지에 기초한다. 예를 들어, 단층 촬영 이미징은 연구 중인 대상의 관심 영역 내의 조직 흡수의 3D 맵을 복원하는 데에 사용될 수 있다. 다른 응용에서, 단층 촬영 이미징은 관심 영역에 존재하는, 형광 이미터(fluorescent emitter)와 같은 프로브의 공간적 분포의 3D 맵을 생성하는 데 사용된다. 따라서, 단층 촬영 이미징은 비-침습성 방식으로, 대상의 내부 구조들의 상세한 3D 이미지들의 복원, 및 대상의 관심 영역 내의 프로브의 3D 분포를 허용한다.
- [0007] 광학 단층 촬영 이미징은 마이크로 CT 또는 자기 공명 영상(MRI)과 같은 비-광학적 이미징 기술로부터 얻을 수 없는 연구되는 대상 내의 생물학적, 생리학적 및 기능적 과정의 분석과 관련된 중요한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 광학 과정에서 조직 흡수 맵은 특정 유형의 종양을 검출하는데 사용될 수 있는 헤모글로빈 농도 및 조직 산소화 상태와 관련된 생물학적 기능 정보를 제공할 수 있다. 또한, 광학 흡수는 X-선 이미징 또는 MRI 기술과 비교하여 심장과 같은 특정 장기를 국소화하기 위한 개선된 콘트라스트(contrast)를 추가로 제공한다.
- [0008] 광학 단층 촬영은 또한 형광 또는 생물 발광 프로브와 같은 투여 또는 내인성(endogenous) 발광 프로브의 공간 분포를 매핑하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 형광 프로브는 물체 내부에서 전파되는 광을 흡수하고, 물체 내부의 흡수된 광 보다 더 긴 파장(낮은 에너지)으로 광을 방출하여 동물 및 인간의 전체 조직에서 기능적 및 분자 시그니처(signature)의 비 침습적, 생체 내 조사를 허용한다. 그렇게 함으로써, 형광 광학 단층 촬영 시스템은 통상적인 이미징 접근법에서와 같이 의심되는 분자 이상 영역에서 해부학적 구조를 이미징하는 것이 아니라, 질병의 기초가 되는 분자 이상을 시각적으로 나타내기 위해 사용될 수 있는 분자 이미징을 가능하게 한다. 분자 타겟의 특정 이미지화는 질병의 조기 검출 및 특성화뿐만 아니라 치료 효능의 조기 및 직접 분자 평가를 제공한다. 예시적인 형광 광학 단층 촬영 시스템이 미국 특허 출원 공개 US2004/0015062에 설명되어 있으며, 이의 전문은 그 전체가 본 출원에 참고로 포함된다.
- [0009] 형광 단층 촬영 이미징은 대개 대상(들)의 단층 촬영 표현을 생성하기 위해 이미징될 대상(들)의 다수의 이미지를 이용한다. 예를 들어, 형광 단층 촬영 이미징에서, 이미징될 대상 내의 다수의 위치들은 여기 광(excitation light)으로 조명된다. 형광 이미징 응용에서, 여기 광에 의해 조명되는 주어진 위치 내에 존재하는 형광 종(fluorescent species)은 여기 광을 흡수하고 형광을 방출한다. 각각의 조명 위치에 대해, 방출된 형광을 검출함으로써 대응하는 형광 이미지가 획득된다. 특정 조명 위치에 각각 대응하는 다수의 형광 이미지들은, 대상(들) 내의 형광 종들의 분포를 나타내는 단층 촬영 이미지를 획득하기 위해 단층 촬영 복원 기술들을 이용하여 처리된다.
- [0010] 대상의 특정 영역을 효과적으로 이미징하는 것은 대상(들) 내의 위치들의 충분한 수 및 밀도를 조명하고, 단층 촬영 복원을 위해 사용될 대응하는 이미지들을 획득하는 것을 필요로 한다.
- [0011] 따라서, 단층 촬영 복원을 위해 사용될 대상(들)의 다수의 이미지를 신속하게 획득할 수 있는 단층 촬영 이미징(예를 들어, 형광 단층 촬영)을 위한 개선된 시스템 및 방법에 대한 필요성이 존재한다. 이러한 시스템 및 방법은 생체 내 작은 동물 단층 이미징과 특히 관련이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0012] 본원에서는 조명을 CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 동기화함으로써 단층 촬영 이미징을 위해 CCD 카메라로 빠른 이미지 획득을 제공하는 시스템 및 방법이 제시된다. 본원에 설명된 시스템 및 방법은 짧은 이미지 획득 시간을 이용하여 이미지가 CCD 카메라로 획득되게 하며, 그렇지 않으면, 획득된 이미지 내에 심각한 아티팩트

(artifact)가 도입될 것이다. 이러한 고유의 성능은 이미지를 획득하기 위해 사용되는 CCD 카메라의 특정 단계들 동안 이미징될 하나 이상의 대상(들)을 선택적으로 조명함으로써 달성된다. 이러한 방식으로 아티팩트 없는 이미지들을 획득하는 데에 필요한 시간을 감소시키는 것은 CCD 카메라로 빠른 이미징을 가능하게 한다. 이러한 성능은, 하나 이상의 대상들의 다수의 이미지들이 획득되고 하나의 단층촬영 이미지를 생성하기 위해 사용되는, 단층촬영 이미징 접근법들과 특히 관련된다.

[0013] 또한 본원에서는 포화된 이미지 픽셀들을 대개 수반하는 블루밍(blooming) 아티팩트를 회피(예를 들어, 감소; 예를 들어, 제거)하는, CCD 카메라를 이용한 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미징을 위한 접근법이 제공된다. HDR 이미징은 단일 이미지가 아니라, 짧은 노출 및 긴 노출 이미지들을 포함하는 HDR 이미지 세트를 획득함으로써 다이내믹 레인지를 향상시킨다. 긴 노출 이미지는 긴 지속시간 노출을 사용하여 획득되어, 낮은 강도의 신호가 정확하게 포착될 수 있다. 그러나, 긴 지속시간 노출은 긴 노출 이미지의 다수의 이미지 픽셀이 포화되는 것을 초래한다. 이에 따라 블루밍 아티팩트는 HDR 이미지 세트들의 긴 노출 이미지들을 열화시키고, CCD 카메라를 이용한 HDR 이미징을 방해한다. 블루밍 아티팩트를 회피(예를 들어, 감소; 예를 들어, 제거)하는 HDR 이미징을 위한 접근법을 제공함으로써, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 CCD 카메라를 이용하는 이미징 응용에서 유리한, HDR 이미징에 의해 제공되는 증가된 다이내믹 레인지를 가능하게 한다.

[0014] 본 개시의 일부 양태들은 CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위하여 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 방법에 관한 것이며, 상기 방법은, (a) 조명원의 출력부로부터 방출된 조명 광의 빔을 소스 검류계 미러로 지향시키는 단계 - 상기 소스 검류계 미러는 복수의 각도로 회전하도록 작동 가능함 -, (b) 제1 회전 각도 및 제2 회전 각도를 포함하는 복수의 회전 각도에서의 정렬을 위해 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계 - 상기 제1 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향됨에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하도록 정렬되고, 상기 제2 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)이 조명되지 않도록 이미징될 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향되도록 정렬됨 -, 및 (c) 상기 CCD 카메라를 이용하여 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계를 포함하고, 상기 CCD 카메라는 (i) 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터(예를 들어, 상기 하나 이상의 대상(들) 내부로부터, 및/또는 상기 하나 이상의 대상(들)의 표면으로부터) 방출된 광(예를 들어, 형광 광 및/또는 생물발광 광)을 검출하도록 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출하도록 정렬되고 동작가능하며, 상기 하나 이상의 이미지의 각각을 획득하는 단계는 (A) 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 단계, 및 (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 단계를 포함하여, 상기 CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시킨다.

[0015] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속시간(예를 들어, 광역 노출 시간)은 400 ms 이하(예를 들어, 200 ms 이하; 예를 들어, 100 ms 이하; 예를 들어, 50 ms 이하)이다.

[0016] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속시간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만(예를 들어, 셔터 지연 시간의 5배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간의 2배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간 미만)이다.

[0017] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속시간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만(예를 들어, 판독 시간의 5배 미만; 예를 들어, 판독 시간의 2배 미만; 예를 들어, 판독 시간 미만)이다.

[0018] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들(예를 들어, 적어도 1000 x 1000 검출기 픽셀들; 예를 들어, 적어도 4000 x 4000 검출기 픽셀들)을 포함한다.

[0019] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2 인치 이상(예를 들어, 적어도 1/2인치 x 적어도 1/2인치; 예를 들어, 적어도 제1 및/또는 제2 치수를 따라 1인치 이상; 예를 들어, 적어도 1인치 x 적어도 1인치)이다.

- [0020] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상(예를 들어, 100 내지 200 mm x 100 내지 200 mm)이다.
- [0021] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상(예를 들어, 200 mW 이상; 예를 들어, 300 mW 이상)이다.
- [0022] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상(예를 들어, 2초; 예를 들어, 5초)이다.
- [0023] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때(예를 들어, 상기 CCD의 CCD 셔터가 개방 및/또는 폐쇄되고 있을 때; 예를 들어, 상기 CCD 카메라의 판독 단계 동안), 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하[예를 들어, 상기 센서 어레이의 각각의 검출기 픽셀에 걸친 최대 출력은 판독 노이즈(예를 들어, 판독 노이즈와 같은 신호를 생성하는 출력)에 대응하는 값 이하임]이다.
- [0024] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는, 컴퓨팅 장치의 제1 프로세서에 의해, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계를 개시하기 위해 상기 CCD 카메라에 이미지 획득 신호(예를 들어, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간을 설정하는 공칭 노출 시간을 포함하는 이미지 획득 신호)를 제공하는 단계를 포함한다.
- [0025] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (b)에서 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는, 소스 검류계 제어기 모듈(예를 들어, 마이크로컨트롤러; 예를 들어, 전자회로)에 의해, 상기 소스 검류계 미러에 회전 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 제공하는 단계를 포함 - 상기 회전 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 - 하고; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키고; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시킨다.
- [0026] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (b)에서 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는, 상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하는 단계[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 및 상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전 신호를 제1 회전 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값일 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전 신호를 제2 회전 신호 값으로 조정하도록)하는 단계를 포함하고, 상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응하고; 상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응한다.
- [0027] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 미러 및 상기 조명원은 소스 하우징 내에 수용되고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하고, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬된다.
- [0028] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원, 상기 소스 검류계 미러, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라는 주변광에 대해서 실질적으로 불투명한 광학 시스템 하우징 내에 수용되어, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한한다.
- [0029] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원으로부터 상기 하나 이상의 대상(들)으로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치한 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하고 - 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔은 상기 레이

저 셔터를 통과하도록 허용되며, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔은 상기 레이저 셔터에 의해 차단됨 -; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 경우에 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 개방하며; 그리고 상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 경우에 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 폐쇄한다.

[0030] 일부 실시형태들에서, 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는, 소스 레이저 셔터 제어기 모듈 (예를 들어, 마이크로컨트롤러; 예를 들어, 전자회로)에 의해 레이저 셔터 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 상기 레이저 셔터에 제공하는 단계를 포함 - 상기 레이저 셔터 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 개방되고, 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터의 개방 및/또는 폐쇄를 야기함 - 하고; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여, 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여, 상기 레이저 셔터를 개방하며; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여, 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여, 상기 레이저 셔터를 폐쇄한다.

[0031] 일부 실시형태들에서, 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는, 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하는 단계[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 및 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 (예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하도록) 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정하는 단계를 포함한다.

[0032] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 미러 및 조명원은 소스 하우징 내에 수용되고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고, 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 (예를 들어, 전방에 그리고 근접하게) 위치된다.

[0033] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계는, 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하는 단계를 포함하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 각각의 HDR 이미지 세트에 대해, 상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속시간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고(예를 들어, 짧은 지속시간 광역 노출 단계는 획득된 짧은 노출 이미지가 어떠한 포화된 이미지 픽셀도 포함하지 않도록 충분히 짧음), 상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속시간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속시간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속시간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고, 상기 주어진 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득된다.

[0034] 일부 실시형태들에서, 상기 방법은, 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계; 상기 단계 (c)에서, 상기 CCD 카메라로 복수의 이미지들을 획득하는 단계 - 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응(예를 들어, 각각의 이미지는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는 복수의 HDR 이미지 세트들 중 한 세트의 멤버이고, 각각의 HDR 이미지 세트는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는, 이미징될 대상마다 하나의 조

명 위치를 포함하는 조명 위치들의 특정 세트에 대응함)하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타냄 -; 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하는 단계; 및 상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 생성(예를 들어, 계산)하는 단계를 포함한다.

[0035] 일부 실시형태들에서, 상기 방법은, 검류계 광학 스캐너를 사용하여 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 상기 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계를 포함한다.

[0036] 일부 실시형태들에서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하(예를 들어, 150 ms 이하; 예를 들어, 120 ms 이하)의 시간에서 획득될 수 있는 적어도 100개의 이미지들(예를 들어, 50개의 형광 이미지들 및 50개의 여기 이미지들)을 포함한다.

[0037] 본 개시의 또다른 양태는, CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화시키기 위한 방법이고, 상기 방법은, (a) 레이저 셔터를 통해 조명원의 출력부로부터 방출된 조명 광의 빔을 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향시키는 단계; (b) 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 레이저 셔터를 통과하여 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하게 되고, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 레이저 셔터가 상기 조명 광의 빔을 차단하여, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지하도록, 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계; 및 (c) 상기 CCD 카메라를 이용하여 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계를 포함하고, 상기 CCD 카메라는 (i) 상기 조명 광에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터(예를 들어, 상기 하나 이상의 대상(들) 내부로부터, 및/또는 상기 하나 이상의 대상(들)의 표면으로부터) 방출된 광(예를 들어, 형광 광 및/또는 생물발광 광)을 검출하도록 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출하도록 정렬되고 동작가능하며, 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는, (A) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 레이저 셔터를 개방하는 단계; 및 (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 레이저 셔터를 폐쇄하는 단계를 포함하여, 상기 CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시킨다.

[0038] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간(예를 들어, 광역 노출 시간)은 400 ms 이하(예를 들어, 200 ms 이하; 예를 들어, 100 ms 이하; 예를 들어, 50 ms 이하)이다.

[0039] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만(예를 들어, 셔터 지연 시간의 5배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간의 2배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간 미만)이다.

[0040] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 관독 시간의 10배 미만(예를 들어, 관독 시간의 5배 미만; 예를 들어, 관독 시간의 2배 미만; 예를 들어, 관독 시간 미만)이다.

[0041] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들(예를 들어, 적어도 1000 x 1000 검출기 픽셀들; 예를 들어, 적어도 4000 x 4000 검출기 픽셀들)을 포함한다.

[0042] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2인치 이상(예를 들어, 적어도 1/2인치 x 적어도 1/2인치; 예를 들어, 적어도 제1 및/또는 제2 치수를 따라 1인치 이상; 예를 들어, 적어도 1인치 x 적어도 1인치)이다.

[0043] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상(예를 들어, 100 내지 200 mm x 100 내지 200 mm)이다.

[0044] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상(예를 들어, 200 mW 이상; 예를 들어, 300 mW 이

상)이다.

- [0045] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상(예를 들어, 2초; 예를 들어, 5초)이다.
- [0046] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때(예를 들어, 상기 CCD의 CCD 셔터가 개방 및/또는 폐쇄되고 있을 때; 예를 들어, 상기 CCD 카메라의 판독 단계 동안), 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하[예를 들어, 상기 센서 어레이의 각각의 검출기 픽셀에 걸친 최대 출력은 판독 노이즈(예를 들어, 판독 노이즈와 같은 신호를 생성하는 출력)에 대응하는 값 이하임]이다.
- [0047] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하는 단계는, 컴퓨팅 장치의 제1 프로세서에 의해, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계를 개시하기 위해 상기 CCD 카메라에 이미지 획득 신호(예를 들어, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속시간을 설정하는 공칭 노출 시간을 포함하는 이미지 획득 신호)를 제공하는 단계를 포함한다.
- [0048] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (b)에서 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는, 레이저 셔터 제어기 모듈(예를 들어, 마이크로컨트롤러; 예를 들어, 전자회로)에 의해, 상기 레이저 셔터에 레이저 셔터 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 제공하는 단계를 포함 - 상기 레이저 셔터 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 개방되도록, 그리고 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터를 개방 및 폐쇄시킴- 하고; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 개방시키며; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 폐쇄시킨다.
- [0049] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (b)에서 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하는 단계는, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하는 단계[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 및 상기 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값일 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하도록)하는 단계를 포함하고, 상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응하며, 상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응한다.
- [0050] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원은 소스 하우스 내에 수용되고, 상기 조명 광의 빔은 상기 소스 하우스의 출구 포트에 지향되며, 상기 레이저 셔터는 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록 상기 출구 포트에(예를 들어, 전방에, 그리고 근접하게) 위치된다.
- [0051] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원, 상기 레이저 셔터, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라는 주변 광에 대해서 실질적으로 불투명한 광학 시스템 하우스 내에 수용되어, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한한다.
- [0052] 일부 실시형태들에서, 상기 방법은, 제1 회전 각도 및 제2 회전 각도를 포함하는 복수의 회전 각도에서의 정렬을 위해 상기 조명원으로부터의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치되는 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계 - 상기 제1 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향됨에 따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하도록 정렬되고, 상기 제2 회전 각도에서, 상기 소스 검류계 미러는 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)이 조명되지 않도록 이미징될 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향되도록 정렬됨 -; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를

개방할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 단계; 및 상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 폐쇄할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 단계를 포함한다.

[0053] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는, 소스 검류계 제어기 모듈(예를 들어, 마이크로컨트롤러; 예를 들어, 전자회로)에 의해, 상기 소스 검류계 미러에 회전 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 제공하는 단계를 포함 - 상기 회전 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 - 하고; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (A)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키며; 상기 단계 (c)의 하위 단계 (B)에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시킨다.

[0054] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 미러를 자동으로 조정하는 단계는, 상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하는 단계[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 및 상기 소스 검류계 제어기 모듈에 의해, 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전 신호를 제1 회전 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값일 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전 신호를 제2 회전 신호 값으로 조정하도록)하는 단계를 포함한다.

[0055] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 미러 및 조명원은 소스 하우징 내에 수용되고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고, 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 (예를 들어, 전방에 그리고 근접하게) 위치된다.

[0056] 일부 실시형태들에서, 상기 단계 (c)에서 상기 하나 이상의 이미지를 획득하는 단계는, 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하는 단계를 포함하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 주어진 HDR 이미지 세트에 대해: 상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고(예를 들어, 짧은 지속기간 광역 노출 단계는 획득된 짧은 노출 이미지가 어떠한 포화된 이미지 픽셀도 포함하지 않도록 충분히 짧음), 상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속기간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속기간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속기간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고, 상기 주어진 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득된다.

[0057] 일부 실시형태들에서, 상기 방법은, 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계; 상기 단계 (c)에서, 상기 CCD 카메라로 복수의 이미지들을 획득하는 단계 - 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응(예를 들어, 각각의 이미지는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는 복수의 HDR 이미지 세트들 중 한 세트의 멤버이고, 각각의 HDR 이미지 세트는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는, 이미징될 대상마다 하나의 조명 위치를 포함하는 조명 위치들의 특정 세트에 대응함)하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된

방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타냄 -; 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하는 단계; 및 상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 생성(예를 들어, 계산)하는 단계를 포함한다.

[0058] 일부 실시형태들에서, 상기 방법은, 검류계 광학 스캐너를 사용하여 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 상기 복수의 조명 위치들로 지향시키는 단계를 포함한다.

[0059] 일부 실시형태들에서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하(예를 들어, 150 ms 이하; 예를 들어, 120 ms 이하)의 시간에서 획득될 수 있는 적어도 100개의 이미지들(예를 들어, 50개의 형광 이미지들 및 50개의 여기 이미지들)을 포함한다.

[0060] 본 개시의 또다른 양태는, CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위하여 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 시스템에 관한 것이고, 상기 시스템은, (a) 조명 광의 빔을 자신의 출력부로부터 방출하고 상기 조명 광의 빔을 소스 검류계 미러로 지향시키도록 정렬되고 작동 가능한 조명원; (b) 복수의 각도를 통해 회전하도록 작동 가능하되, (i) 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 이미징될 하나 이상의 대상(들)으로 지향하도록, 그리고 (ii) 제2 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향하도록 정렬되는 소스 검류계 미러 - 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되고, 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않음 -; 및 (c) (i) 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 광(예를 들어, 형광 광 및/또는 생물발광 광)을 검출함으로써 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출함으로써, 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 이미지를 획득하도록 정렬되고 동작 가능한 CCD 카메라; (d) 소스 검류계 제어기 모듈(예를 들어, 마이크로컨트롤러; 예를 들어, 전자회로) - 상기 소스 검류계 제어기 모듈은, (A) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키도록; 그리고 (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록, 동작 가능함 -; (e) 프로세서; 및 (f) 저장된 명령들을 갖는 메모리를 포함하되, 상기 명령들은 상기 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 프로세서로 하여금, 상기 CCD 카메라에 의해 획득된 하나 이상의 이미지에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하게 하고; 그리고 상기 획득된 이미지에 대응하는 상기 데이터를 이용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 획득(예를 들어, 계산)하게 한다.

[0061] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간(예를 들어, 광역 노출 시간)은 400 ms 이하(예를 들어, 200 ms 이하; 예를 들어, 100 ms 이하; 예를 들어, 50 ms 이하)이다.

[0062] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만(예를 들어, 셔터 지연 시간의 5배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간의 2배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간 미만)이다.

[0063] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만(예를 들어, 판독 시간의 5배 미만; 예를 들어, 판독 시간의 2배 미만; 예를 들어, 판독 시간 미만)이다.

[0064] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들(예를 들어, 적어도 1000 x 1000 검출기 픽셀들; 예를 들어, 적어도 4000 x 4000 검출기 픽셀들)을 포함한다.

[0065] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2 인치 이상(예를 들어, 적어도 1/2인치 x 적어도 1/2인치; 예를 들어, 적어도 제1 및/또는 제2 치수를 따라 1인치 이상; 예를 들어, 적어도 1인치 x 적어도 1인치)이다.

[0066] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상(예를

들어, 100 내지 200 mm x 100 내지 200 mm)이다.

- [0067] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상(예를 들어, 200 mW 이상; 예를 들어, 300 mW 이상)이다.
- [0068] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상(예를 들어, 2초; 예를 들어, 5초)이다.
- [0069] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때(예를 들어, 상기 CCD의 CCD 셔터가 개방 및/또는 폐쇄되고 있을 때; 예를 들어, 상기 CCD 카메라의 판독 단계 동안), 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하[예를 들어, 상기 센서 어레이의 각각의 검출기 픽셀에 걸친 최대 출력은 판독 노이즈(예를 들어, 판독 노이즈와 같은 신호를 생성하는 출력)에 대응하는 값 이하임]이다.
- [0070] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 자신의 광역 노출 단계를 개시하기 위해 이미지 획득 신호를 수신함으로써 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하도록 동작 가능하다(예를 들어, 상기 이미지 획득 신호는 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간을 설정하는 공칭 노출 시간을 포함함)(예를 들어, 상기 시스템은 상기 이미지 획득 신호를 상기 CCD 카메라에 제공하도록 동작 가능한 컴퓨팅 장치의 제1 프로세서를 포함함).
- [0071] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은, 상기 소스 검류계 미러에 회전 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 제공하도록 - 상기 회전 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전 신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 -; 상기 제1 트리거 신호를 수신하며, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키도록; 그리고 상기 제2 트리거 신호를 수신하며, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록 동작 가능하다.
- [0072] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하도록[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 및 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전을 제1 회전 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값일 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전을 제2 회전 신호 값으로 조정하도록)하도록 동작 가능하며, 상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응하고; 상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응한다.
- [0073] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 소스 검류계 미러 및 상기 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되어, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하고, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬된다.
- [0074] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 조명원, 상기 소스 검류계 미러, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라가 수용되는 광학 시스템 하우징을 포함하고, 상기 광학 시스템 하우징은 주변광에 대해서 실질적으로 불투명하여, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한한다.
- [0075] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 조명원으로부터 상기 하나 이상의 대상(들)으로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치된 레이저 셔터 - 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 레이저 셔터를 통과하여 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하게 하며, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 차단되어 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지하게 하도록, 자동으로 개방 및 폐쇄되게 동작 가능함 -; 및 레이저 셔터 제어기 모듈을 포함하고, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키는 때와 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 개방하도록

록; 그리고 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키는 때와 실질적으로 동시에 상기 레이저 셔터를 폐쇄하도록 동작 가능하다.

[0076] 일부 실시형태들에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은, 레이저 셔터 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 상기 레이저 셔터에 제공함으로써 상기 레이저 셔터를 자동으로 개방 및 폐쇄하도록 - 상기 레이저 셔터 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 개방되고, 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가질 때 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터의 개방 및/또는 폐쇄를 야기함 -; 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여, 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여, 상기 레이저 셔터를 개방하도록; 그리고 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여, 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여, 상기 레이저 셔터를 폐쇄하도록 동작 가능하다.

[0077] 일부 실시형태들에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하도록[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 그리고 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하도록)하도록 동작 가능하다.

[0078] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 소스 검류계 미러 및 상기 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고, 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 (예를 들어, 전방에 그리고 근접하게) 위치된다.

[0079] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하도록 동작 가능하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 각각의 HDR 이미지 세트에 대해: 상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속시간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고(예를 들어, 짧은 지속시간 광역 노출 단계는 획득된 짧은 노출 이미지가 어떠한 포화된 이미지 픽셀도 포함하지 않도록 충분히 짧음), 상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속시간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속시간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속시간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고, 상기 주어진 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득된다.

[0080] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 소스 검류계 미러로부터 상기 하나 이상의 대상(들)으로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치되고, 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향시키도록 동작 가능한 검류계 광학 스캐너를 포함하고, 상기 하나 이상의 획득된 이미지는 복수의 이미지들을 포함하되, 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응(예를 들어, 각각의 이미지는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는 복수의 HDR 이미지 세트들 중 한 세트의 멤버이고, 각각의 HDR 이미지 세트는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는, 이미징될 대상마다 하나의 조명 위치를 포함하는 조명 위치들의 특정 세트에 대응함)하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출

된 조명 광을 나타낸다.

- [0081] 일부 실시형태들에서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하(예를 들어, 150 ms 이하; 예를 들어, 120 ms 이하)의 시간에서 획득될 수 있는 적어도 100개의 이미지들(예를 들어, 50개의 형광 이미지들 및 50개의 여기 이미지들)을 포함한다.
- [0082] 본 개시의 또 다른 양태는, CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 시스템에 관한 것이고, 상기 시스템은, (a) 자신의 출력부로부터 조명 광의 빔을 방출하고, 레이저 셔터를 통하여 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들)으로 지향하도록 정렬되고 동작 가능한 조명원; (b) 레이저 셔터 - 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 개방될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 레이저 셔터를 통과하여 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하게 되고, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 레이저 셔터가 상기 조명 광의 빔을 차단하여, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지하도록, 자동으로 개방 및 폐쇄되도록 동작 가능함 -; (c) (i) 상기 조명 광에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터(예를 들어, 상기 하나 이상의 대상(들) 내부로부터, 및/또는 상기 하나 이상의 대상(들)의 표면으로부터) 방출된 광(예를 들어, 형광 광 및/또는 생물발광 광)을 검출함으로써, 그리고/또는 (ii) 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 조명 광을 검출함으로써 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 이미지들을 획득하도록 정렬되고 동작 가능한 CCD 카메라; (d) 레이저 셔터 제어기 모듈 - 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은, (A) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 레이저 셔터를 개방시키도록; 그리고 (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키도록 동작 가능함 -; (e) 프로세서; 및 (f) 저장된 명령들을 갖는 메모리를 포함하되, 상기 명령들은 상기 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 프로세서로 하여금, 상기 CCD 카메라에 의해 획득된 하나 이상의 이미지에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하게 하고; 그리고 상기 획득된 이미지에 대응하는 상기 데이터를 이용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층 촬영 이미지(들)를 획득(예를 들어, 계산)하게 한다.
- [0083] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 획득된 이미지 각각에 대한 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간(예를 들어, 광역 노출 시간)은 400 ms 이하(예를 들어, 200 ms 이하; 예를 들어, 100 ms 이하; 예를 들어, 50 ms 이하)이다.
- [0084] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 셔터 지연 시간의 10배 미만(예를 들어, 셔터 지연 시간의 5배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간의 2배 미만; 예를 들어, 셔터 지연 시간 미만)이다.
- [0085] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간은 상기 CCD 카메라의 판독 시간의 10배 미만(예를 들어, 판독 시간의 5배 미만; 예를 들어, 판독 시간의 2배 미만; 예를 들어, 판독 시간 미만)이다.
- [0086] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 적어도 256 x 256의 검출기 픽셀들(예를 들어, 적어도 1000 x 1000 검출기 픽셀들; 예를 들어, 적어도 4000 x 4000 검출기 픽셀들)을 포함한다.
- [0087] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이의 크기는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2 인치 이상(예를 들어, 적어도 1/2인치 x 적어도 1/2인치; 예를 들어, 적어도 제1 및/또는 제2 치수를 따라 1인치 이상; 예를 들어, 적어도 1인치 x 적어도 1인치)이다.
- [0088] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라의 시야는 적어도 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 100 mm 이상(예를 들어, 100 내지 200 mm x 100 내지 200 mm)이다.
- [0089] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 출력 전력은 100 mW 이상(예를 들어, 200 mW 이상; 예를 들어, 300 mW 이상)이다.
- [0090] 일부 실시형태들에서, 상기 조명원의 안정화 시간은 1초 이상(예를 들어, 2초; 예를 들어, 5초)이다.
- [0091] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때(예를 들어, 상기 CCD의 CCD 셔터가 개방 및/또는 폐쇄되고 있을 때; 예를 들어, 상기 CCD 카메라의 판독 단계 동안), 상기 CCD 카메라의 센서 어레이

에서의 광 레벨은 상기 CCD 카메라의 노이즈 플로어 이하[예를 들어, 상기 센서 어레이의 각각의 검출기 픽셀에 걸친 최대 출력은 판독 노이즈(예를 들어, 판독 노이즈와 같은 신호를 생성하는 출력)에 대응하는 값 이하임]이다.

[0092] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 자신의 광역 노출 단계를 개시하기 위해 이미지 획득 신호를 수신함으로써 상기 하나 이상의 이미지 각각을 획득하도록 동작 가능하다(예를 들어, 상기 이미지 획득 신호는 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 지속기간을 설정하는 공칭 노출 시간을 포함함)(예를 들어, 상기 시스템은 상기 이미지 획득 신호를 상기 CCD 카메라에 제공하도록 동작 가능한 컴퓨팅 장치의 제1 프로세서를 포함함).

[0093] 일부 실시형태들에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은, 상기 레이저 셔터에 레이저 셔터 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 제공하고 - 상기 레이저 셔터 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 개방되도록, 그리고 상기 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가지는 경우 상기 레이저 셔터가 폐쇄되도록, 상기 레이저 셔터를 개방 및 폐쇄시킴 -; 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 개방시키며; 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 상기 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여 상기 레이저 셔터를 폐쇄시키도록 동작 가능하다.

[0094] 일부 실시형태들에서, 상기 레이저 셔터 제어기 모듈은, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하고[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 레이저 셔터 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값을 가질 때 레이저 셔터 제어기 모듈이 레이저 셔터 신호를 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하도록)하도록 동작 가능하고, 상기 제1 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제1 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응하고; 상기 제2 트리거 신호는 상기 CCD 출력 신호에서의 제2 변화(예를 들어, 수신된 CCD 출력 신호의 값의 제1 출력 신호 값으로부터 제2 출력 신호 값으로의 변화)에 대응한다.

[0095] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고, 상기 조명 광의 빔은 상기 소스 하우징의 출구 포트에 지향되며, 상기 레이저 셔터는 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록 상기 출구 포트에 (예를 들어, 전방에 그리고 근접하게) 위치된다.

[0096] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 조명원, 상기 레이저 셔터, 상기 하나 이상의 대상(들) 및 상기 CCD 카메라가 수용되는 광학 시스템 하우징을 포함하고, 상기 광학 시스템 하우징은 주변광에 대해서 실질적으로 불투명하여, 상기 CCD 카메라의 센서 어레이에 입사하는 주변광의 양을 제한한다.

[0097] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 복수의 각도를 통해 회전하도록 작동 가능하되, (i) 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)으로 지향하도록, 그리고 (ii) 제2 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 반사되어 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 지향하도록 정렬되는 소스 검류계 미러 - 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되고, 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전될 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않음 -; 및 소스 검류계 제어기 모듈을 포함하고, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은: 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 상기 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 개방할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키고; 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 상기 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 레이저 셔터를 폐쇄할 때와 동시에 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록 동작 가능하다.

[0098] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은, 상기 소스 검류계 미러에 회전 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 제공함으로써 상기 레이저 셔터를 지동으로 개방 및 폐쇄하고 - 상기 회전 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)의 변화는, 상기 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제1 회전 각도로 회전되도록, 그리고 상기 회전

신호가 제2 회전 신호 값을 가지는 경우 상기 소스 검류계 미러가 상기 제2 회전 각도로 회전되도록, 상기 소스 검류계 미러의 회전 각도를 변화시킴 -; 상기 제1 트리거 신호를 수신하고, 상기 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제1 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제1 회전 각도로 회전시키며; 상기 제2 트리거 신호를 수신하고, 상기 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여 상기 회전 신호의 값을 상기 제2 회전 신호 값으로 조정하여 상기 소스 검류계 미러를 상기 제2 회전 각도로 회전시키도록 동작 가능하다.

[0099] 일부 실시형태들에서, 상기 소스 검류계 제어기 모듈은, 상기 CCD 카메라로부터 CCD 출력 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시-변화 전압; 예를 들어, 시-변화 전류)를 수신하고[예를 들어, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부를 나타냄(예를 들어, CCD 출력 신호는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 제1 출력 신호 값을 갖고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 제2 출력 신호 값을 가짐)]; 상기 수신된 CCD 출력 신호의 값에 기초하여 상기 회전 신호의 값을 조정(예를 들어, CCD 출력 신호가 제1 출력 신호 값을 가질 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전 신호를 제1 회전 신호 값으로 조정하고, CCD 출력 신호 값이 제2 출력 신호 값일 때 소스 검류계 제어기 모듈이 회전 신호를 제2 회전 신호 값으로 조정하도록)하도록 동작 가능하다.

[0100] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 소스 검류계 미러 및 조명원이 수용되는 소스 하우징을 포함하고, 상기 소스 검류계 미러는, (i) 상기 제1 회전 각도에서, 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 검류계 미러에 의해 반사되고, 상기 소스 하우징의 출구 포트를 통과하며, (ii) 상기 제2 회전 각도에서 상기 조명 광의 빔이 상기 소스 하우징 내의 빔 덤프로 지향되도록 정렬되고, 상기 레이저 셔터는, 상기 레이저 셔터가 폐쇄될 때, 상기 조명 광의 빔이 상기 출구 포트를 통과하는 것이 방지되도록, 상기 출구 포트에 (예를 들어, 전방에 그리고 근접하게) 위치된다.

[0101] 일부 실시형태들에서, 상기 CCD 카메라는 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트를 획득하도록 동작 가능하고, 각각의 HDR 이미지 세트는 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 특정 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대응하되 짧은 노출 이미지 및 긴 노출 이미지를 포함하며, 각각의 HDR 이미지 세트에 대해: 상기 짧은 노출 이미지는 상기 CCD의 짧은 지속시간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되고(예를 들어, 짧은 지속시간 광역 노출 단계는 획득된 짧은 노출 이미지가 어떠한 포화된 이미지 픽셀도 포함하지 않도록 충분히 짧음), 상기 긴 노출 이미지는 상기 CCD의 긴 지속시간 광역 노출 단계동안 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득되며, 상기 CCD의 상기 긴 지속시간 광역 노출 단계는 상기 짧은 지속시간 광역 노출 단계보다 더 오래 지속되고, 상기 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지 및 상기 긴 노출 이미지는 상기 HDR 이미지 세트가 대응하는 동일한 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에서의 상기 조명 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 대상을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출함으로써 획득된다.

[0102] 일부 실시형태들에서, 상기 시스템은, 상기 소스 검류계 미러로부터 상기 하나 이상의 대상(들)로의 상기 조명 광의 빔의 경로에 위치하되, 상기 조명 광의 빔을 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들로 지향하도록 동작 가능한 검류계 광학 스캐너를 포함하고, 상기 하나 이상의 획득된 이미지는 복수의 이미지들을 포함하며, 각각의 이미지는, 상기 복수의 조명 위치들 중 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응(예를 들어, 각각의 이미지는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는 복수의 HDR 이미지 세트들 중 한 세트의 멤버이고, 각각의 HDR 이미지 세트는 구별된 조명 위치에 대응함; 예를 들어, 각각의 이미지는, 이미징될 대상마다 하나의 조명 위치를 포함하는 조명 위치들의 특정 세트에 대응함)하고, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터의 검출된 방출된 광 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 검출된 조명 광을 나타낸다.

[0103] 일부 실시형태들에서, 상기 복수의 획득된 이미지는 200 ms 이하(예를 들어, 150 ms 이하; 예를 들어, 120 ms 이하)의 시간에서 획득될 수 있는 적어도 100개의 이미지들(예를 들어, 50개의 형광 이미지들 및 50개의 여기 이미지들)을 포함한다.

[0104] 본 개시의 또 다른 양태는 CCD 카메라를 이용하여 하나 이상의 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미지 세트(들)를 획득할 때, 블루밍 아티팩트를 회피하기 위한 방법에 관한 것이고, 각각의 HDR 이미지 세트는 짧은 노출 이미지

및 긴 노출 이미지를 포함하며, 상기 방법은, 하나 이상의 대상(들) 상의 하나 이상의 조명 위치들에서 상기 하나 이상의 대상(들)을 조명하는 단계; 및 상기 하나 이상의 HDR 이미지 세트(들)의 각각의 HDR 이미지 세트에 대하여: 상기 하나 이상의 조명 위치(들) 중 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 하나 이상의 대상들의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 (i) 방출된 광 및/또는 (ii) 조명 광을 검출함으로써 상기 HDR 이미지 세트의 상기 짧은 노출 이미지를 획득하는 단계 - 상기 방출된 광 및/또는 조명 광은 상기 CCD 카메라의 짧은 지속기간 노출 단계(예를 들어, 짧은 지속기간 광역 노출 단계) 동안 (예를 들어, 짧은 노출 이미지는 상당한 개수의 포화된 이미지 픽셀들을 포함하지는 않음(예를 들어, 어떠한 포화된 이미지 픽셀들도 포함하지 않음)) 검출됨 -; (a) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치(들)의 특정 세트에서의 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사된 방출된 광 및/또는 조명 광을 검출하는 단계 - 상기 방출된 광 및/또는 조명 광은 상기 긴 노출 이미지가 하나 이상의 포화된 이미지 픽셀들을 포함하도록 상기 CCD 카메라의 긴 지속기간 노출 단계(예를 들어, 긴 지속기간 광역 노출 단계) 동안에 검출됨 -; 및 (b) 상기 긴 노출 이미지의 각각의 이미지 픽셀이 비닝된 검출기 픽셀들의 그룹에 대응하도록 상기 CCD 카메라의 온-칩 비닝 레벨을 조정하는 단계 - 비닝된 검출기 픽셀들의 각각의 그룹은 상기 조정된 온-칩 비닝 레벨에 기초하여 상기 CCD 카메라의 총 웰 용량 포화 한계가 상기 CCD 카메라에 대한 A/D 디지털화 포화 한계보다 크도록 개별 검출기 픽셀의 총 웰 용량보다 더 큰 총 웰 용량을 가짐 -; 및 (c) 상기 하나 이상의 포화된 이미지 픽셀들의 포화된 이미지 픽셀에 각각의 그룹이 대응하는 비닝된 검출기 픽셀들의 하나 이상의 그룹이 (i) A/D 디지털화 포화 한계를 초과하기에 충분하지만, 상기 CCD 카메라의 (ii) 상기 총 웰 용량 포화 한계 및 (iii) 출력 노드 용량 포화 한계는 초과하지 않도록 전하를 축적하기에 충분히 길게 노출되도록, 상기 긴 지속기간 노출 단계의 지속기간을 조정하는 단계에 의해, 상기 HDR 이미지 세트의 상기 긴 노출 이미지를 획득하는 단계를 포함하여, 블루밍 아티팩트를 회피한다.

[0105] 일부 실시형태들에서, 상기 방법은, 각각의 HDR 이미지 세트에 대하여, 본원에 설명된 실시형태들 또는 양태들 중 어느 하나의 실시형태 또는 양태의 방법들 중 어느 한 방법을 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화함으로써 상기 HDR 이미지 세트의 (i) 상기 짧은 노출 이미지 및/또는 (ii) 상기 긴 노출 이미지를 획득하는 단계를 포함한다.

[0106] 본 개시의 또다른 양태는 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화함으로써 CCD 카메라를 이용하는 3D 형광 단층촬영 이미징을 위한 방법에 관한 것이고, 상기 방법은: (a) 상기 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치들에서 상기 이미징될 하나 이상의 대상(들)을 여기 광의 빔으로 조명하는 단계; (b) 상기 CCD 카메라를 이용하여 복수의 이미지들을 획득하는 단계 - 각각의 획득된 이미지는 상기 조명 위치들의 하나 이상의 특정 세트에 대응하되, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 형광 광의 검출 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 여기 광의 검출에 의해 획득되고, 상기 단계 (b)는 각각의 획득된 이미지에 대해, (i) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되고, (ii) 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화함으로써 수행됨 -; (c) 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하는 단계; 및 (d) 상기 프로세서에 의해, 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 3D 단층촬영 이미지(들)를 생성(예를 들어, 계산)하는 단계를 포함한다.

[0107] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화하는 단계는, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있을 때 상기 여기 광의 빔이 방출되는 여기원을 스위칭 온하고, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 여기원을 스위칭 오프하는 단계를 포함한다[예를 들어, 복수의 이미지 각각을 획득하는 단계는: (A) 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 여기원을 스위칭 온 시키는 단계; 및 (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 여기원을 스위칭 오프시키는 단계를 포함하여, 상기 CCD 카메라에 의한 신속한 이미지 획득을 위해 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을

상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화함].

- [0108] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화하는 단계는, 본원에 설명된 실시형태들 또는 양태들 중 어느 실시형태 또는 양태의 방법들 중 하나의 방법을 수행하는 단계를 포함한다.
- [0109] 일부 실시형태들에서, 상기 복수의 획득된 이미지들은 블루밍 아티팩트를 회피하기 위해 본원에 설명된 실시형태들 및 양태들의 방법들을 이용하여 획득된 복수의 HDR 이미지 세트들을 포함한다.
- [0110] 본 개시의 또다른 양태는 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화함으로써 CCD 카메라를 이용하는 신속한 3D 형광 단층촬영 이미징 시스템에 관한 것이고, 상기 시스템은: (a) 자신의 출력부로부터 여기 광의 빔을 방출하도록 그리고 상기 여기 광의 빔을 이미징될 상기 하나 이상의 대상(들)상의 복수의 조명 위치들로 지향시키도록 정렬되고 동작 가능한 여기원; (b) 상기 CCD 카메라 - 상기 CCD 카메라는 복수의 이미지들을 획득하도록 정렬되고 동작 가능하며, 각각의 획득된 이미지는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하되, 각각의 획득된 이미지는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에 대응하되, (i) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 조명의 결과로서 상기 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 형광 광의 검출 및/또는 (ii) 상기 대응하는 하나 이상의 조명 위치들의 특정 세트에서의 상기 여기 광의 빔에 의한 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명에 뒤따라 상기 하나 이상의 대상(들)을 통해 투과되거나 그에 의해 반사되는 여기 광의 검출에 의해 획득됨 -; (c) 각각이 광학 시스템 구성요소들과 연관되는 하나 이상의 제어기 모듈들 - 각각의 제어기 모듈은 (i) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되고, (ii) 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 여기 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시키도록 동작 가능함 -; (d) 컴퓨팅 장치의 프로세서; 및 (e) 저장된 명령들을 갖는 메모리로서, 상기 명령들은 상기 프로세서에 의해 실행될 때 상기 프로세서로 하여금: 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 데이터를 수신 및/또는 액세스하게 하고; 상기 복수의 획득된 이미지들에 대응하는 상기 데이터를 사용하여 상기 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 3D 단층촬영 이미지(들)를 생성(예를 들어, 계산)하게 한다.
- [0111] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 제어기 모듈들은 상기 하나 이상의 연관된 광학 시스템 구성요소들이 포함하는 여기원에 대한 여기원 제어기 모듈을 포함하고, 상기 여기원 제어기 모듈은 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있을 때 상기 여기원을 스위칭 온 시키고, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때 상기 여기원을 스위칭 오프 시킴으로써, 상기 하나 이상의 대상(들)의 조명을 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계와 동기화시키도록 동작 가능함[예를 들어, 여기원 제어기 모듈은: (A) 상기 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계 동안 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되도록, 상기 여기원을 스위칭 온 시키도록; 그리고 (B) 상기 CCD 카메라의 상기 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호에 응답하여, 상기 CCD 카메라가 상기 광역 노출 단계에 있지 않을 때, 상기 하나 이상의 대상(들)이 상기 조명 광의 빔으로 조명되지 않도록, 상기 여기원을 스위칭 오프시키도록, 동작 가능함].
- [0112] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 제어기 모듈들 중 적어도 하나는 소스 검류계 제어기 모듈을 포함하고, 상기 하나 이상의 연관된 광학 시스템 구성요소들은 소스 검류계 미러를 포함한다(예를 들어, 본원에 설명된 실시형태들 및 양태들 중 어느 실시형태 또는 양태의 검류계 제어기 모듈 및 소스 검류계 미러).
- [0113] 일부 실시형태들에서, 상기 하나 이상의 제어기 모듈들 및 연관된 광학 시스템 구성요소들 중 적어도 하나는 레이저 셔터 제어기 모듈을 포함하고, 상기 하나 이상의 연관된 광학 시스템 구성요소들은 레이저 셔터를 포함한다(예를 들어, 본원에 설명된 실시형태들 및 양태들 중 어느 실시형태 또는 양태의 레이저 셔터 제어기 및 레이저 셔터).
- [0114] 본 개시의 하나 이상의 양태들과 관련하여 설명된 실시형태들은 본 개시의 다른 양태에 적용될 수 있다(예를 들어, 하나의 독립 청구항, 예를 들어, 방법 청구항에 대하여 설명된 실시형태들의 특징들은 다른 독립 청구항들, 예를 들어, 시스템 청구항의 다른 실시형태들에 적용될 수 있는 것으로 고려되며, 그 반대도 가능하다).

도면의 간단한 설명

- [0115] 본 개시의 전술한 그리고 다른 목적들, 측면들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련한 다음의 설명을 참조

함으로써 보다 명백해지고 더 잘 이해될 것이다.

도 1a는 예시적인 실시형태에 따른, 큰 시야에 걸쳐 여기 광의 빔을 신속하게 스캐닝하기 위한 시스템의 레이아웃을 도시한 개략도이다.

도 1b는 예시적인 실시형태에 따른, 빔 성형 광학계를 포함하여, 큰 시야에 걸쳐 여기 광의 빔을 신속하게 스캐닝하기 위한 시스템의 레이아웃을 도시한 개략도이다.

도 2a는 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 조명을 동기화하기 위한 시스템의 레이아웃을 도시하는 개략도이다.

도 2b는 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 조명을 동기화하기 위한 시스템의 일부를 도시하는 개략도이다.

도 3은 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 조명을 동기화하기 위한 타이밍도를 도시하는 개략도이다.

도 4a는 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 조명을 동기화하기 위해 회전 검류계 미러를 사용하는 프로세스의 블록 흐름도이다.

도 4b는 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 조명을 동기화하기 위해 레이저 셔터를 사용하는 프로세스의 블록 흐름도이다.

도 5는 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 조명을 동기화하기 위해 사용될 수 있는 CCD 출력 신호의 예를 나타내는 개략도이다.

도 6은 일부 실시형태들에서 사용되는 예시적인 클라우드 컴퓨팅 환경의 블록도이다.

도 7은 일부 실시형태들에서 사용되는 예시적인 컴퓨팅 장치 및 예시적인 모바일 컴퓨팅 장치의 블록도이다.

도 8은 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라를 이용하여 HDR 이미징에서 블루밍 아티팩트를 회피하기 위한 프로세스의 블록 흐름도이다.

도 9는 예시적인 실시형태에 따라, CCD 카메라와 동기화된 조명을 이용한 3D 형광 단층 촬영을 위한 프로세스의 블록 흐름도이다.

도 10은 예시적인 실시형태에 따라, HDR 이미지 세트 및 HDR 이미지의 짧고 긴 노출 이미지를 도시하는 이미지들의 세트이다.

도 11은 예시적인 실시형태에 따라, 여기 광의 빔의 급속 스캐닝을 통해 하나 이상의 대상들의 단층 촬영 이미지를 획득하기 위한 프로세스의 블록 흐름도이다.

본 개시의 특징 및 장점은 도면과 관련하여 취해질 때 아래에 설명된 상세한 설명으로부터 보다 명백해질 것이며, 도면에서 유사한 참조 문자는 전체에 걸쳐 대응하는 구성요소를 식별한다. 도면에서, 유사한 도면 부호는 일반적으로 동일하거나, 기능적으로 유사한, 및/또는 구조적으로 유사한 구성요소를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

정의

대략: 본원에 사용된 바와 같이, 하나 이상의 관심있는 값에 적용되는 "대략" 또는 "약"이라는 용어는 언급된 기준값과 유사한 값을 지칭할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 용어 "대략" 또는 "약"은, 달리 언급되지 않거나 문맥상 다름이 명백하지 않는 한, 그리고 그러한 수가 가능한 값의 100%를 초과하는 경우를 제외하고는, 언급된 기준값의 25%, 20%, 19%, 18%, 17%, 16%, 15%, 14%, 13%, 12%, 11%, 10%, 9%, 8%, 7%, 6%, 5%, 4%, 3%, 2%, 1% 또는 그 미만에 속하는 값의 범위를 지칭할 수 있다.

이미지: 본원에 사용된 용어 "이미지" - 예를 들어, 포유동물의 3-D 이미지 - 라는 용어는, 사진, 비디오 프레임, 스트리밍 비디오뿐만 아니라 사진, 비디오 프레임, 또는 스트리밍 비디오의 임의의 전자적, 디지털 또는 수학적 아날로그와 같은 임의의 시각적 표현을 포함한다. 본원에서 설명되는 임의의 장치는, 일부 실시형태들에서, 프로세서에 의해 생성된 이미지 또는 임의의 다른 결과를 표시하기 위한 디스플레이를 포함한다. 본원에 설명된 임의의 방법은, 일부 실시형태들에서, 해당 방법을 통해 생성된 이미지 또는 임의의 다른 결

과를 표시하는 단계를 포함한다.

- [0119] **3-D, 3차원:** 본원에서 사용되는 바와 같이, "이미지"에 대해 참조되는 "3-D" 또는 "3차원"이라는 용어는 3차원에 대한 정보를 전달하는 것을 의미한다. 3-D 이미지는 3 차원의 데이터 세트로서 렌더링될 수 있고 그리고/또는 2 차원 표현 또는 3차원 표현의 세트로서 디스플레이될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 3D 이미지는 복셀(voxel) (예를 들어, 체적 화소) 데이터로서 표현된다.
- [0120] **맵(Map):** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "맵"은 시각적 디스플레이, 또는 공간적으로 상관된 정보를 포함하는 시각적 디스플레이를 위해 해석될 수 있는 임의의 데이터 표현을 의미하는 것으로 이해된다. 예를 들어, 주어진 체적의 3차원 맵은 체적 전체에 걸쳐 3개의 공간 차원에서 변하는 주어진 수량의 값의 데이터 세트를 포함할 수 있다. 3차원 맵은 (예를 들어, 2 차원 스크린 상에 또는 2 차원 인쇄물 상에) 2차원으로 디스플레이될 수 있다.
- [0121] **형광 이미지, 방출 이미지:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "형광 이미지" 및 "방출 이미지"는 형광제 또는 프로브의 방출 파장에 대응하는 파장에서 획득된 이미지를 의미하는 것으로 이해된다.
- [0122] **여기 이미지(Excitation image):** 본원에서 사용된 용어 "여기 이미지"는 여기 소스에 의해 방출된 여기 광의 파장에 대응하는 파장에서 획득된 이미지를 의미하는 것으로 이해된다.
- [0123] **전자기 복사선, 복사선:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "전자기 복사선" 및 "복사선"이라는 용어는, 서로에 대해서 그리고 전파 방향에 대해 직각으로 진동하고, 서로 동위상(in phase)에 있는, 전기 및 자기 성분의 공간 내의 자체 전파 파(self-propagating wave)를 의미하는 것으로 이해된다. 전자기 방사선은 라디오 파, 마이크로파, 적색, 적외선 및 근적외선, 가시 광선, 자외선, X-선 및 감마선을 포함한다.
- [0124] **광학 경로:** 본원에서 사용되는 바와 같이, "광학 경로"라는 용어는 광학 시스템의 다양한 광학 요소(예를 들어, 렌즈, 미러, 편광기, 빔-분할기 등)에 의해 전파되고 지향되는 광 빔이 이동하는 경로를 지칭할 수 있다. 광학 요소는 반사, 굴절 등과 같은 다양한 물리적 메커니즘에 의해 광의 빔을 지향시킬 수 있다. 제1 지점에서 제2 지점까지의 광학 경로는 제1 지점과 제2 지점 사이의 임의의 광학 요소에 의해(예를 들어, 반사, 굴절 등을 통해) 방향을 고려하는, 광의 빔이 제1 지점으로부터 제2 지점으로 이동하는 경로를 지칭할 수 있다.
- [0125] **광학 경로 길이, 광학 경로를 따른 거리:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "광학 경로 길이"는 2개의 지점 사이에서 전파될 때 광의 빔이 따르는 광학 경로의 기하학적 길이를 지칭할 수 있다. 유사하게, 특정한 광학 경로를 따르는 거리를 지칭할 때 용어 "거리"는 특정한 광학 경로를 따라 전파할 때 광의 빔이 이동하는 기하학적 거리를 지칭할 수 있다.
- [0126] **검출기:** 본원에서 사용되는 용어 "검출기"는 CCD 카메라, 광전자 증배관, 포토다이오드, 및 애벌란시 포토다이오드를 포함하지만 이에 한정되지 않는 전자기 복사선의 임의의 검출기를 포함한다.
- [0127] **초점면 어레이(FPA: focal plane array), 센서 어레이:** 본원에서 사용되는 바와 같이, "초점면 어레이", 및 "FPA"라는 용어는, 복수의 검출기 픽셀들을 포함하고, FPA의 상이한 검출기 픽셀들에 걸친 양(예를 들어, 집적된 출력)의 공간적 변동을 나타내는 이미지(예를 들어, 2D 이미지)를 획득하도록 동작할 수 있는, 임의의 검출기를 지칭한다. 일부 실시형태들에서, FPA의 검출기 픽셀들은 본원에서 "센서 어레이"로 지칭되는 반도체 칩 상의 2차원 매트릭스로서 배열된다.
- [0128] **국소 집적 단계, 국소 집적 시간:** 본원에서 사용된 바와 같이, "주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계"에서와 같이, "국소 집적 단계"는 특정 검출기 픽셀이 그의 표면 상에 입사하는 전자기 복사에 응답하는 신호(예를 들어, 전하)를 축적하는 기간을 지칭할 수 있다.
- [0129] 일부 실시형태들에서, FPA가 이미지를 획득하는 프로세스에 있지 않을 때, 킵-클린(keep-clean) 전자 신호가 그의 검출기 픽셀들로 전송된다. 킵-클린 전자 신호는(예를 들어, 검출기 픽셀들을 제로 전하로 연속적으로 리셋함으로써) 검출기 픽셀들이 신호를 축적하는 것을 방지한다. FPA가 이미지 획득을 시작할 때, 킵-클린 신호가 정지되고, 이에 따라 마지막으로 킵-클린 신호를 수신한 시점에서 각각의 검출기 픽셀의 국소 집적 단계가 시작된다. 일부 실시형태들에서, 검출기 픽셀 상에 존재하는 임의의 축적된 신호(예를 들어, 전하)를 제거하는 센서 플러시(flush) 신호는 각각의 검출기 픽셀에 전송되고(예를 들어, 검출기 픽셀을 제로로 함), 그리고 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계는 센서 플러시 신호의 수신에 뒤이어 시작된다. 따라서, 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계는 킵-클린 신호의 정지 및/또는 센서 플러시 신호의 수신에 의해 개시될 수 있다. 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계는 그것이 판독될 때 종료된다.

- [0130] 본원에서 사용되는 바와 같이, "주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 시간"에서와 같이, "국소 집적 시간"이라는 용어는 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계의 지속기간을 지칭할 수 있다.
- [0131] **광역 집적 단계, 광역 집적 시간:** 본원에 사용되는 바와 같이, FPA 검출기(예를 들어, CCD 카메라)와 관련하여 사용되는 경우, 용어 "광역 집적 단계"는 FPA 검출기 픽셀의 국소 집적 단계와 중첩할 때의 기간(예컨대, FPA 검출기 픽셀이 그들 각각의 국소 집적 단계에 있는 기간)을 지칭할 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "광역 집적 시간"은 광역 집적 단계의 지속기간을 지칭할 수 있다.
- [0132] **집적 단계, 집적 시간:** 본원에 사용되는 바와 같이, FPA 검출기와 관련하여 사용될 때 "집적 단계"라는 용어는 FPA 검출기의 하나 이상의 검출기 픽셀들이 국소 집적 단계에 있는 기간을 지칭할 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "집적 시간"은 집적 단계의 지속기간을 지칭할 수 있다.
- [0133] **판독 단계, 판독 시간:** 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "판독 단계"는 각각의 판독되는 검출기 픽셀에 대해, 해당 검출기 픽셀에 대한 축적된 전하를 나타내는(예를 들어, 실질적으로 비례하는) 전자 신호를 생성하기 위해, 그들의 각각의 국소 집적 단계 동안 하나 이상의 검출기 픽셀에 의해 축적된 신호(예를 들어, 전하)가 판독되는(예를 들어, 추출되는) 기간을 지칭할 수 있다.
- [0134] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "판독 시간"은 판독 단계의 길이를 시간적으로 지칭할 수 있다.
- [0135] **국소 노출 단계, 국소 노출 시간:** 본원에서 사용된 바와 같이, 주어진 검출기 픽셀과 관련하여 사용되는 경우, 용어 "국소 노출 단계"는 주어진 검출기 픽셀이 (i) 그의 국소 집적 단계에 있고, (ii) 전자기 복사선에 의해 조명될 수 있는 기간을 지칭할 수 있다.
- [0136] 예를 들어, 일부 실시형태들에서, 주어진 FPA는 셔터를 포함하며, 셔터는, 닫혔을 때, FPA의 검출기 픽셀들 중 하나 이상을 커버하고, 전자기 복사선이 하나 이상의 검출기 픽셀들을 조명하는 것을 차단한다. 따라서, 주어진 검출기 픽셀의 국소 노출 단계는 (i) 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계의 시작과, (ii) 셔터가 개방됨에 따라 주어진 검출기 픽셀이 차단되지 않을 때 중에서 나중에 시작된다. 주어진 검출기 픽셀의 국소 노출 단계는 (i) 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계의 끝(예를 들어, 그것이 판독될 때) 및 (ii) 주어진 검출기 픽셀이 셔터의 폐쇄에 의해 차단될 때 중 더 이른 때에 종료된다.
- [0137] 일부 실시형태들에서, FPA 셔터는 광역 집적 단계의 시작 직후에 개방되기 시작하고, 판독 단계의 시작 전에 검출기 픽셀들이 차단될 수 있도록 완전히 닫힌다. 이러한 방식으로, 각각의 검출기 픽셀의 국소 노출 상태는 셔터가 개방되어 차단되지 않을 때 시작되고, 셔터가 닫혀 차단될 때 종료된다.
- [0138] 일부 실시형태들에서, FPA 셔터는 FPA 검출기의 집적 단계 전체에 걸쳐 완전히 개방되어 있고, FPA의 검출기 픽셀의 국소 노출 단계들 각각은 그들의 국소 집적 단계들과 동일하다.
- [0139] 일부 실시형태들에서, 주어진 FPA는 외부 전자기 복사선으로부터 검출기 픽셀을 차단하기 위한 셔터 또는 임의의 다른 메커니즘을 포함하지 않으며, FPA의 검출기 픽셀의 국소 노출 단계들 각각은 그들의 국소 집적 단계와 동일하다.
- [0140] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "국소 노출 시간"은 국소 노출 단계의 지속기간을 지칭할 수 있다.
- [0141] **광역 노출 단계, 광역 노출 시간:** 본원에서 사용되는 바와 같이, FPA 검출기(예를 들어, CCD 카메라)와 관련하여 사용되는 경우, 용어 "광역 노출 시간"은 FPA 검출기 픽셀의 국소 노출 단계가 중첩할 수 있는 기간(예를 들어, FPA 검출기 픽셀이 그들 각각의 국소 노출 단계에 있을 수 있는 기간)을 지칭할 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, 용어 "광역 노출 시간"은 광역 노출 단계의 지속기간을 지칭할 수 있다.
- [0142] **노출 단계, 노출 윈도우, 노출 시간:** 본원에서 사용되는 바와 같이, FPA 검출기와 관련하여 사용될 때, "노출 시간" 및 "노출 윈도우"는 FPA 검출기의 하나 이상의 검출기 픽셀이 국소 노출 단계에 있는 기간을 지칭할 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "노출 시간"은 노출 단계의 지속기간을 지칭할 수 있다.
- [0143] **공칭(nominal) 노출 시간:** 본원에서 사용되는 바와 같이, FPA를 참조하여 사용될 때, 용어 "공칭 노출 시간"은 FPA의 노출 시간의 일 부분(예를 들어, 전체까지)에 대응하고, FPA에 의해 그것의 집적 단계와, 그의 셔터의 개방 및 폐쇄와, 판독 단계를 개시하는 특정 시간들을 설정하는 데에 사용되는 FPA의 설정의 값을 지칭할 수 있다. 공칭 노출 시간이 대응하는 FPA의 노출 시간의 특정 부분은 사용되는 특정 FPA 유형(예를 들어, 제조자, 모델)에 의존하고 그에 따라 달라질 수 있다.
- [0144] **CCD 카메라, CCD:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "CCD 카메라" 및 "CCD"는 검출기 픽셀을 동시에 판독하

지 않는 임의의 FPA를 지칭한다. CCD 카메라는 예를 들어, 표준 CCD 카메라뿐만 아니라 강화된(intensified) CCD 카메라(ICCD)를 지칭할 수 있다. CCD 카메라는 그들의 검출기 픽셀을 동시에 판독하지 않는 다른 FPA들을 지칭할 수 있다.

- [0145] **검류계 광학 스캐너:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "검류계 광학 스캐너"는 하나 이상의 회전 검류계 미러를 포함하는 광학 시스템 성분을 지칭할 수 있다. 검류계 광학 스캐너는 검류계 광학 스캐너로부터 소정 거리 떨어진 타겟 평면 내의 복수의 위치에 걸쳐 광의 빔이 스캐닝될 수 있게 한다. 이것은 적절하게 정렬된 광학 경로를 따라 광의 빔을 검류계 광학 스캐너로 지향시킴으로써 달성된다. 검류계 광학 스캐너로 지향되는 광의 빔은 하나 이상의 검류계 미러에 의해 연속적으로 반사되어 하나 이상의 광학 스캔 각도에 의해 정의된 방향에서 타겟 평면을 향하여 바깥쪽으로 지향된다. 대개, 각각의 광학 스캔 각도는 특정 검류계 미러와 관련되고, 관련된 검류계 미러가 광의 빔을 반사하는 각도에 의해 결정된다. 주어진 검류계 미러를 회전시키면 광의 빔이 반사되는 각도가 달라지고, 따라서 관련 광학 스캔 각도가 달라진다. 따라서, 검류계 광학 스캐너의 검류계 미러를 회전시키는 것은 하나 이상의 광학 스캔 각도를 변화시키고, 따라서, 광의 빔이 검류계 광학 스캐너로부터 바깥쪽으로 지향되는 방향을 변화시킨다. 주어진 검류계 미러가 회전함에 따라, 관련된 광학 스캔 각도가 변하고, 타겟 평면과 교차하는 위치가 특정 방향을 따라 변한다.
- [0146] 일부 실시형태들에서, 검류계 광학 스캐너는 단일 검류계 미러를 포함하고, 이는 타겟 평면에서 특정 방향을 따라 복수의 위치를 통해 광의 빔을 스캔하는 데에 사용될 수 있다. 따라서, 검류계 미러의 회전은 물체 평면의 1차원 스캔 영역(예를 들어, 라인)을 가로 질러 광의 빔을 스캐닝한다.
- [0147] 일부 실시형태들에서, 검류계 광학 스캐너는 2개의 방향을 따라 복수의 위치를 통해 광의 빔이 스캔될 수 있도록 2개의 회전 검류계 미러를 포함한다. 2개의 검류계 미러를 함께 회전시킴으로써, 물체 평면의 2차원 영역에 걸쳐 광의 빔을 래스터(raster) 스캐닝할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 검류계 미러가 제1 방향으로 제1 광학 스캔 각도를 변화시키고 제2 검류계 미러가 제1 방향에 실질적으로 직교하는 제2 방향으로 제2 광학 스캔 각도를 변화시키도록, 검류계 미러가 정렬된다. (예를 들어, 제1 검류계 미러의 회전을 통한) 제1 광학 스캔 각도의 변화는 검류계 광학 스캐너로부터 바깥쪽으로 지향된 광의 빔이 제1 방향에서 타겟 평면과 교차하는 위치를 변화시킨다. (예를 들어, 제2 검류계 미러의 회전을 통한) 제2 광학 스캔 각도의 변화는 검류계 광학 스캐너로부터 바깥쪽으로 지향된 광의 빔이 제2 방향에서 타겟 평면과 교차하는 위치를 변화시킨다. 따라서, 제1 및 제2 검류계 미러는 함께 회전되어 타겟 평면의 2차원 스캔 영역을 가로 질러 광의 빔을 래스터 스캔할 수 있다.
- [0148] 본 출원에 사용된, 광의 빔을 "검류계 광학 스캐너"로 지향시키는 것은 검류계 광학 스캐너로 적절히 정렬된 광학 경로를 따라 광의 빔을 지향시켜 검류계 광학 스캐너가 포함하는 하나 이상의 검류계 미러의 각각으로 입사하고 각각의 미러에 의해 반사되는 것을 의미하도록 이해된다. 본 출원에서 사용된, (예를 들어, 특정 위치로부터 특정 광학 경로를 따라) 검류계 광학 스캐너까지의 거리는 광의 빔이 입사하는 제1 검류계 미러까지의 거리를 의미하는 것으로 이해된다. 본 출원에 사용된, (예를 들어, 특정 광학 경로를 따라, 특정 위치까지) 검류계 광학 스캐너로부터의 거리는 검류계 광학 스캐너가 포함하는 임의의 다른 미러에 의해 반사될 때 이동한 거리를 포함하여 검류계 광학 스캐너로 지향된 광의 빔이 입사되는 제1 검류계 미러로부터의 거리를 의미하는 것으로 이해된다.
- [0149] **포워드 모델(Forward model):** 본원에서 사용된 바와 같이, 용어 "포워드 모델"은 소스로부터 검출기로 주어진 매체에서의 광 전파(예를 들어, 광자 전송)의 물리적 모델을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0150] **단층 촬영 이미지:** 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "단층 촬영 이미지"는, 예를 들어, 광학 단층 촬영 이미지, x-선 단층 촬영 이미지, 자기 공명, 양전자 방출 단층촬영(PET), 자기 공명(MR), 단일 광자 방출 전산화 단층촬영(SPECT), 및/또는 초음파, 및 이들의 임의의 조합에 의해 생성될 수 있는 단층 촬영 이미지를 지칭할 수 있다.
- [0151] **확산 매체, 확산 매질:** 본원에서 사용된 용어 "확산 매체" 및 "확산 매질"은 상호교환적으로 사용되고, 파동들이 그들의 위상을 랜덤화하는 다른 균일한 매체 내의 작은 입자(산란체)들으로써 다중 산란 현상을 겪는 매질을 의미하는 것으로 이해되며, 이 경우에는 평균 파 강도(average wave intensity)가 연구된다. 평균 파동 강도는 확산 방정식을 따르고, 그 자체로 "확산 파동"으로 작용하고 표면 및 경계와 상호 작용한다.
- [0152] **대상 평면(Object plane):** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "대상 평면"은 이미지가 있는 하나 이상의 대상(예를 들어, 피험체)가 위치하는 광학 이미징 시스템의 이상화된 2차원 이미징 평면을 지칭할 수 있다.
- [0153] **여기원(Excitation source):** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "여기원"은 형광의 광학적 여기를 위해 광학

시스템에 광을 제공하기 위해 사용되는 레이저와 같은 광원을 지칭할 수 있다. 특정 실시형태들에서, 여기원은 여기원의 출력으로부터 여기 광의 빔을 방출한다. 여기원으로부터의 여기 광은 여기원의 출력으로부터 여기 광의 빔을 광학 시스템의 다양한 광학 컴포넌트(예를 들어, 광학계(optics), 미러, 검류계 광학 스캐너 등)로 지향시킴으로써 광학 시스템에 제공될 수 있다.

[0154] **조명원:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "조명원"은 이미징을 위한 광학 시스템에 광을 제공하기 위해 사용되는 레이저와 같은 임의의 광원을 지칭할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 조명원은 여기원이다.

[0155] **이미지 형성 광:** 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "이미지 형성 광"은 조명 광과 이미징될 하나 이상의 대상(들) 사이의 상호작용으로부터 생성되거나 이에 의해 수정되는(예를 들어, 부분적으로 흡수된, 산란된, 반사된, 투과된) 광을 지칭할 수 있으며, 이에 따라 이미지 형성 광의 검출은 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 이미지를 획득하기 위해 사용될 수 있다.

[0156] 예를 들어, 일부 실시형태들에서, 조명 광은 여기광이고, 이미지 형성 광은 하나 이상의 대상(들) 내의 하나 이상의 형광 종의 여기의 결과로서 이미징될 하나 이상의 대상(들) 내로부터 방출된 형광 광이다. 일부 실시형태들에서, 조명 광은 여기광이고, 이미지 형성 광은 이미징될 하나 이상의 대상(들)에 의해 반사 및/또는 그를 통해 투과된 여기광이다.

[0157] **광학계:** 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "광학계"는 하나 이상의 렌즈를 사용하여 광 빔을 형성하기 위해 사용되는 하나 이상의 광학 요소의 집합을 지칭할 수 있다. 초점 길이, 클리어 애퍼처(clear aperture) 등과 같은 광학계(예를 들어, 집속 광학계; 예를 들어, 시준 광학계)의 다양한 파라미터가 본원에서 설명되는 경우, 이들은 광학계의 특성, 즉 광학계의 개별 요소 중 임의의 어느 하나의 특성보다는 광학계가 포함하는 모든 광학 요소의 순 효과(net effect)를 지칭하는 것으로 이해된다.

[0158] **스폿 크기:** 본원에서 사용된 바와 같이, 용어 "스폿 크기"는 특정 위치에서 그리고 광의 빔의 전파 방향과 실질적으로 직교하는 직교 평면에서 측정된 광의 빔의 직경의 측정치를 지칭할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 스폿 크기는 (예를 들어, 검출기에 의해 검출되는 바와 같이) 광의 빔의 강도를 나타내는 신호가 해당 광의 빔의 최대 강도의 미리 정의된 비율(예를 들어, 최대 강도의 $1/2$; 예를 들어, 최대 강도의 $1/e^2$) 미만으로 떨어지는 라인을 따르는, 제1 및 제2 위치 사이의 직교 평면 내에서 해당 라인을 따라 측정된 거리에 대응하는 광의 빔의 직경의 측정치를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 스폿 크기는 직교 평면에서 특정 라인(예를 들어, x-축을 따른 라인; 예를 들어, y-축을 따른 라인)을 따라 측정된 반치(half maximum)에서 전폭(full-width)에 대응할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 스폿 크기는 전술한 바와 같이 직교 평면 내에서 상이한 라인을 따라 각각 측정된 2개 이상의 거리들의 함수에 대응하는 광의 빔의 직경의 측정치를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 스폿 크기는 직교 평면 내의 제1 라인을 따라 측정된 제1 거리 및 직교 평면 내의 제2 라인을 따라 측정된 제2 거리의 최대 값으로서 측정될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제2 라인은 제1 라인에 직교한다.

[0159] **피험체:** 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "피험체"는 이미징될 개인을 지칭할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 피험체는 인간이다. 일부 실시형태들에서, 피험체는 작은 동물이다.

[0160] **작은 동물:** 본원에서 사용되는 바와 같이, "작은 동물"은 마이크로 CT 및/또는 마이크로-MR 이미저로 이미징될 수 있는 작은 포유 동물을 지칭할 수 있다. 일부 실시형태들에서, "작은 동물"은 마우스, 랫트, 들쥐, 토끼, 햄스터 및 유사한 크기의 동물을 지칭할 수 있다.

[0161] **설정 시간:** 본원에서 사용되는 바와 같이, "설정 시간"은 다음과 같은 (i) 및 (ii) 중 하나 또는 둘 모두를 지칭할 수 있다: (i) 조명원(예를 들어, 레이저)이 턴온(turn on)된 때로부터 그것의 출력 전력이 안정된 값에 도달할 때, 예를 들어 출력 전력 변동이 최소값에 도달하고/하거나 지정된 양(예를 들어, 레이저 제조자에 의해 지정된 제곱근-평균-제곱(root-mean-squared) 퍼센트 변화 미만)에 도달하는 때까지의 시간, 및 (ii) 조명원이 턴오프(turn off)된 때로부터 그것의 출력이 대략 0에 도달하거나 또는 임계 출력 전력보다 낮게 되는 때까지의 시간. 임계 출력 전력은 조명을 위해 조명원을 사용하는 광학 시스템에서 사용하는 검출기의 노이즈 플로어(noise floor) 미만의 출력 전력에 대응할 수 있다. 예를 들어, CCD 카메라를 검출기로서 사용하는 광학 시스템에서, 임계 출력 전력은 CCD 검출기의 판독 노이즈와 대략 동일하거나 바로 아래에 있는 신호를 생성하는 출력 전력에 대응할 수 있다. 이러한 경우에, 조명원으로부터의 광에 의해 CCD 검출기에서 생성된 신호는 CCD 검출기의 판독 노이즈보다 더 낮을 것이다.

[0162] **상세한 설명**

- [0163] 본 개시의 시스템, 아키텍처, 장치, 방법 및 프로세스는 본원에 설명된 실시형태들로부터의 정보를 이용하여 개발된 변형에 및 적응예를 포함하는 것으로 고려된다. 본 설명에 의해 고려되는 바와 같이, 본 출원에 설명된 시스템, 아키텍처, 장치, 방법 및 프로세스의 적응 및/또는 수정이 수행될 수 있다.
- [0164] 본 명세서 전반에 걸쳐, 물품, 장치, 시스템 및 아키텍처는 특정한 구성요소들을 갖거나 포함하는 것으로 설명되고, 또는 프로세스 및 방법은 특정 단계들을 갖거나 포함하는 것으로 설명되며, 추가적으로, 언급된 구성요소들로 본질적으로 구성되거나 이들로 구성되는 본 개시의 물품, 장치, 시스템 및 아키텍처가 존재하는 것으로, 그리고 언급된 프로세싱 단계들로 본질적으로 구성되거나 이들로 구성되는 본 개시에 따른 프로세스 및 방법이 존재하는 것으로 고려된다.
- [0165] 단계들의 순서 또는 특정 동작을 수행하기 위한 순서는 본 개시가 동작 가능하게 유지되는 한, 중요하지 않다는 것을 이해해야 한다. 또한, 둘 이상의 단계 또는 동작이 동시에 수행될 수 있다.
- [0166] 예를 들어, 배경기술에서의 임의의 공개문헌의 언급은, 해당 공개문헌이 본원에 제시된 임의의 청구항에 관하여 종래 기술로서의 역할을 하는 것임을 인정하는 것이 아니다. 배경기술은 명확화를 위해 제공되고, 임의의 청구항에 대한 종래 기술의 설명으로서 의도되지 않는다.
- [0167] 문헌들은 언급된 바와 같이 본원에 참고로서 포함된다. 특정 용어의 의미에 불일치가 있는 경우, 이상의 정의에서 제공된 의미가 적용된다.
- [0168] 헤더(header)는 독자의 편의를 위해 제공되며 - 헤더의 존재 및/또는 배치는 본 출원에 설명된 주제의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.
- [0169] 넓은 시야에서 신속한 단층 이미지를 가능하게 하는 시스템 및 방법이 본 출원에서 설명된다. 특히, 일부 실시 형태들에서, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 조명을 CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스의 위상들과 동기화함으로써 CCD 카메라로 하나 이상의 이미지들이 획득될 수 있게 한다. 특히, 아래에서 설명되는 바와 같이, 이미지 획득 시퀀스의 특정한 위상들(예를 들어, 광역 노출 단계) 동안 이미징될 하나 이상의 대상(들)(예를 들어, 피험체(들); 예를 들어, 작은 동물(들))을 선택적으로 조명함으로써, 동기화된 조명은 고감도의 아티팩트 없는 이미지가 짧은 시간 프레임에서 획득되게 한다. CCD를 이용하여 이미지를 신속하게 획득하는 성능은, 대상(들)의 단일 단층촬영 표식을 생성하기 위하여 하나 이상의 대상(들)의 다수의 이미지가 획득되는, 광학 단층촬영 이미징 응용예와 특히 관련이 있다.
- [0170] A. CCD 카메라를 이용한 이미징
- [0171] 도 1a는 대상 평면(112)을 가로질러 위치한 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)의 광학 단층촬영을 위해 사용되는 예시적인 광학 시스템(100A)의 개략도를 도시한다. 예시적인 광학 시스템(100)에서, 조명원(102)은 그 출력부(104)로부터 조명 광의 빔을 방출한다. 조명원(102) 및 그 출력부(104)는 조명 광의 빔을 이미징될 하나 이상의 대상(들)이 위치되는 대상 평면(112)을 향해 지향하도록 정렬되고, 그에 의해, 하나 이상의 대상(들)을 조명한다. 조명에 이어서, 하나 이상의 대상(들)의 이미지를 획득하기 위하여, 하나 이상의 대상(들)으로부터의 이미지 형성 광(118a, 118b, 118c)(예를 들어, 형광 광, 예를 들어, 이미징될 하나 이상의 대상(들)에 의해 반사되거나 이를 투과하는 여기 광)이 검출기(120)에 의해 검출된다.
- [0172] 도 1에 도시된 예시적인 광학 시스템(100)은 대상 평면(112)의 스캔 영역(116)을 가로질러 조명 광의 빔을 스캔하기 위해 검류계 광학 스캐너(106)를 이용하는 광학 단층촬영 시스템이다. 따라서, 검류계 광학 스캐너(106)는 대상 평면의 다수의 위치에 걸쳐 여기 광의 빔을 스캔하는 데에 사용될 수 있다. 광학 경로(105)를 따라 검류계 광학 스캐너로 지향된 광은 검류계 광학 스캐너의 하나 이상의 회전 검류계 미러(들)(108)에 의해 반사된다. 검류계 광학 스캐너의 검류계 미러들이 회전됨에 따라, 광은 다양한 각도에서 반사되고, 스캔 영역을 향해, 대응하는 광 경로들(예를 들어, 110a, 110b, 110c)을 따라 지향된다. 조명 광의 빔은 이에 의해, 스캔 영역(116) 내의 복수의 여기 위치로 지향된다. 이는 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)이 복수의 조명 위치에서 조명되게 한다. 주어진 대상이 특정 조명 위치에서 조명될 때, 특정 조명 위치에서 주어진 대상의 조명으로부터 야기되는 이미지 형성 광은 검출기(120)에 의해 검출된다. 일부 실시형태들에서, 검출기는 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 이미지(들)를 획득하는 초점면 어레이(FPA) 검출기이다. 획득된 이미지들은 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)의 하나 이상의 단층촬영 이미지(들)를 생성하는 데에 사용된다. 검류계 광학 스캐너(106)를 이용한 형광 광학 단층촬영에 대한 접근법은 2017년 7월 19일에 출원된 미국 특허출원 제 15/654,442호에 설명되어 있고, 그 전체 내용이 본원에 참조로 포함된다.

- [0173] 예를 들어, 미국 특허출원 제15/654,442호에 설명된 바와 같이, 각각의 여기 위치에 대해, 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 대응하는 이미지(들)(예를 들어, 방출 이미지 및/또는 여기 이미지)가 획득된다. 그런 다음, 하나 이상의 대상(들)의 복수의 이미지들이 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지들을 생성하는 데에 사용된다.
- [0174] 또한, 미국 특허출원 제15/654,442호에 설명된 바와 같이, 위에서 설명된 빔 스캐닝 접근법은 대상 평면을 가로지르는 2개의 직교 방향으로 여기 광의 빔을 스캔하도록 정렬된 2개의 검류계 미러를 포함하는 검류계 광학 스캐너(106)를 이용할 수 있다. 제1 검류계 미러는 대상 평면(예를 들어, x-방향)을 가로지르는 관련된 제1 방향을 따라 여기 광의 빔을 스캔할 수 있다. 제2 검류계 미러는 대상 평면(예를 들어, y-방향)을 가로지르는 관련된 제2 방향을 따라 여기 광의 빔을 스캔할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 및 제2 검류계 미러의 회전은 대상 평면의 2차원 스캔 영역을 가로질러 여기 광의 빔을 함께 래스터(raster) 스캔한다. 일부 실시형태들에서, 스캔 영역의 크기는 제1 및 제2 검류계 미러들의 최대 회전각들에 의해, 그리고 검류계 광학 스캐너(106)로부터 대상 평면(112)까지의 거리에 의해 결정된다.
- [0175] 미국 특허출원 제15/654,442호는 멀티플렉싱된 이미징 접근법을 더 설명하는데, 여기서, 검류계 광학 스캐너(106)는 이미지를 획득하기 위해 사용되는 검출기(120)의 노출 윈도우 동안 조명 광(예를 들어, 여기 광)의 빔을 다수의 여기 위치로 지향시킨다.
- [0176] 본원에 설명된 빔 스캐닝 접근법을 사용하여 여기 광의 빔을 신속하게 스캔하는 성능에 의하여, 각각의 형광 방출 이미지는 다수의 여기 위치와 관련된다. 따라서, 멀티플렉싱된 방법에서, 개별 여기 위치는 각각의 세트가 다수의 여기 위치를 포함하는 세트들로 배열될 수 있다. 여기 광의 빔을 순차적 방식으로 여기 위치마다 래스터 스캔(raster scan)하기 보다는 (예를 들어, 여기 광의 빔을 제1 여기 위치로, 그런 다음에 인접한 여기 위치로 지향시키는 것 등), 여기 광의 빔 세트 방식(set-wise fashion)으로 스캐닝된다. 검류계 광학 스캐너는 한 번에 한 세트씩 이산 여기 위치를 통해 여기 광의 빔을 스캔하여 다음 세트로 진행하기 전에 주어진 세트 내의 각각의 이산 여기 위치로 여기 광의 빔을 지향시킨다.
- [0177] 일부 실시형태들에서, 검류계 광학 스캐너의 빠른 스캔 성능은 여기 광의 빔이, 하나 이상의 검출기들의 노출 윈도우에 대응하는 기간 동안, 한 세트 다음에 다른 세트로, 특정 세트의 개별 여기 위치들 각각으로 지향되게 한다. 각각의 형광 방출 이미지는 노광 윈도우에 대응하는 기간에 걸쳐 하나 이상의 검출기에 의해 검출된 형광 광을 나타낸다. 하나 이상의 검출기의 노광 윈도우 동안 여기 광의 빔을 다수의 여기 위치로 스캐닝함으로써, 여기 위치 세트와 관련된 형광 이미지가 레코딩된다. 이러한 방식으로 레코딩된 각각의 형광 방출은 따라서, 여기 위치의 세트와 관련되고 여기 광의 빔을 관련 세트의 각각의 여기 위치로 지향시킴으로써 하나 이상의 피험체를 조명하는 것에 응답하여 방출된 검출 형광 광을 나타낸다.
- [0178] 일부 실시형태들에서, 이러한 접근법은 다수의 피험체의 단층촬영 이미지를 획득하는데 필요한 시간 및 형광 방출 이미지의 수를 감소시키는 데에 사용될 수 있다. 상기에서 논의된 바와 같이, 각각의 피험체는 스캔 영역 내의 여기 위치의 일부와 관련된다.
- [0179] 따라서, 멀티플렉싱된 접근법에서, 획득된 이미지는 조명 광의 빔이 다수의 여기 위치로 지향되어 그에 따라 여기 위치들의 세트(예를 들어, 특정한 복수의 여기 위치)에 대응할 때, 하나 이상의 대상(들)의 조명으로부터 야기되는 검출된 이미지 형성 광을 나타낼 수 있다. 복수의 이미지들은 이러한 방식으로 획득될 수 있으며, 각각의 이미지는 여기 위치들의 특정한, 개별적인 세트에 대응한다. 미국 특허출원 제15/654,442호에 설명된 바와 같이, 일부 실시형태들에서, 이러한 멀티플렉싱된 이미징 접근법은 다수의 대상들의 단층촬영 이미지들이 획득될 수 있는 속도를 증가시킨다.
- [0180] 일부 실시형태들에서, 단층촬영 이미지들이 획득될 수 있는 속도는, 단층촬영 복원을 위해 사용되는 복수의 이미지들 각각을 획득하는데 요구되는 시간을 감소시킴으로써 증가될 수 있다. 단층촬영 복원에 사용되는 이미지들을 획득하기 위한 시간을 감소시키는 것은 특히, 조명 빔이 신속하게 스캔될 수 있게 하여, 미국 특허출원 제15/654,442호에 설명된 검류계 광학 스캐닝 접근법과 같은, 이미징될 하나 이상의 대상(들) 상의 복수의 조명 위치를 신속하게 조명하는 접근법에 관련된다. 이러한 이미징 시스템에서, 조명 광의 빔은, 이미지를 획득하는데 필요한 시간이 병목 현상을 나타내기 전에 충분히 빨리, 스캔될 수 있다. 하나의 위치로부터 다음 위치로 조명 광의 빔을 위치시키는 데에 더 오래 걸리는 이미징 시스템에서, 단층촬영 이미지를 획득하는 데 필요한 시간은 조명 광의 빔을 위치시키는데 필요한 시간에 의해 주로 결정된다. 따라서, 다양한 위치들을 신속하게 조명할 수 없는 이미징 시스템들에서, 이미지 획득 시간은 거의 고려되지 않으며, 이전에는 고려되지 않았다.

- [0181] 일부 실시형태들에서, FPA 검출기를 이용한 이미지 획득은 2개의 단계들(노출 단계 및 판독 단계)을 포함하고, 주어진 이미지를 획득하는데 필요한 시간은 이미지 획득 시퀀스의 이러한 단계들 각각의 지속시간에 의해 결정된다. FPA 검출기는 본원에서 센서 어레이로 지칭되는, 2차원 행렬로서 대개 배열된 복수의 검출기 픽셀을 포함한다. FPA 검출기의 노출 단계 동안, FPA 센서 어레이의 검출기 픽셀들은 광에 노출되고, 그들의 표면 상에 입사되는 광에 응답하여 신호(예를 들어, 전하)를 축적한다.
- [0182] 설정 시간 후에, 각각의 검출기 픽셀에 의해 축적된 신호(예를 들어, 전하)는 판독 단계 동안 판독되어 이미지를 생성한다. 획득된 이미지는, 각각이 하나 이상의 검출기 픽셀들에 대응하되 하나 이상의 대응하는 검출기 픽셀들로부터 판독되는 신호를 나타내는 강도 값을 갖는, 복수의 이미지 픽셀들을 포함한다. 예를 들어, 일부 실시형태들에서, 각각의 이미지 픽셀은 개별 검출기 픽셀에 대응하고, 해당 검출기 픽셀에 의해 축적된 신호를 나타내는(예를 들어, 실질적으로 비례하는) 강도 값을 갖는다. 일부 실시형태들에서, 검출기 픽셀들은, 각각의 이미지 픽셀이 2개 이상의 인접한 검출기 픽셀들의 개별 세트에 대응하도록 비닝(binned)된다(예를 들어, 각각의 이미지 픽셀은 검출기 픽셀들의 2×2 블록, 또는 검출기 픽셀들의 4×4 블록, 또는 검출기 픽셀들의 다른 크기의 블록에 대응한다).
- [0183] 신속한 고-감도 이미지 획득에 대한 중요한 과제는, 노출 및 판독이 종종 FPA 검출기에 대해 전체적으로 고려되는 반면에, FPA의 센서 어레이는 각각이 (i) 광에 노출되고 (ii) 그의 표면에 입사하는 광에 응답하여 신호(예를 들어, 전하)가 축적되게 하는 동안에 자신의 국소 노출 단계를 갖는, 복수의 검출기 픽셀들을 포함한다는 사실에 의해 제시된다. 특히, 일부 실시형태들에서, FPA 검출기에 대해 이미지 획득이 개시될 때, 검출기 픽셀들은 제로(zero)로 되고, 입사 광에 응답하여 신호를 축적하도록 동작할 수 있는 상태로 설정된다. 주어진 검출기 픽셀의 제로(zero)화 및 이를 입사 광에 응답하여 신호를 축적하도록 동작가능한 상태로 설정하는 것은 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 단계를 시작한다.
- [0184] 검출기 픽셀의 국소 집적 단계 동안, 검출기 픽셀의 표면에 입사되는 광은 신호의 축적(예를 들어, 전하)을 야기한다. 주어진 기간 이후에, 검출기 픽셀의 국소 집적 단계가 종료되고, 검출기 픽셀에 의해 축적된 신호가 판독된다. 검출기 픽셀에 의해 축적된 전체 신호는, 그리고, 그에 따라 대응하는 이미지 픽셀의 강도는, 그의 국소 집적 단계 동안 그 표면 상에 입사하는 광의 양의 함수이다. 검출기 픽셀이 그의 국소 단계를 통해 노출되는 경우, 그의 국소 집적 단계는 그의 국소 노출 단계와 동일하다.
- [0185] 이상적인 FPA 검출기에 있어서, 검출기 픽셀들의 국소 집적 단계들은 동시에 시작하고 종료하여, 각각의 검출기 픽셀은 동일한 시간 주기 동안 신호를 축적하고, 획득된 이미지의 이미지 픽셀들의 강도의 변화들은 FPA 센서 어레이에 걸친 이미지 형성 광의 공간적 변화들에 의해 본질적으로 전적으로 결정된다.
- [0186] CMOS 카메라는 이러한 이상화된 기능을 근사적으로 달성하는 FPA 검출기의 특정한 타입이다. 특히, CMOS 카메라에서, 검출기 픽셀들의 국소 집적 단계들은 동시에 시작되고, 검출기 픽셀들은 동시에 판독된다. 따라서, CMOS 카메라의 경우, 검출기 픽셀들의 국소 집적 단계들은, 각각의 검출기 픽셀이 그의 각각의 국소 집적 단계에 있는 광역 집적 단계와 완전히 중첩된다. CMOS 카메라는 각각의 검출기 픽셀에 대한 추가적인 회로를 센서 어레이에 직접 집적함으로써 이러한 기능을 달성한다. 그러나, 추가적인 회로는 CMOS 카메라의 감도를 제한한다. 예를 들어, 추가된 회로는 센서 어레이 상에 열을 발생시키고, 이는 검출된 광을 나타내는 각각의 검출기 픽셀로부터 원하는 신호를 간섭하는 배경 신호를 생성한다. 따라서, 낮은 광 이미징과 같은 특정한 이미징 응용예의 경우, CMOS 카메라는 배경 위의 원하는 신호를 생성하도록 적절한 양의 광을 수집하기 위해 적절한 감도를 갖지 않고/않거나, 긴 노출 시간을 필요로 하지 않을 수 있다.
- [0187] CCD 카메라는 CMOS 카메라보다 높은 민감도를 제공하고, 낮은 광 이미징 응용예에 보다 적합하다. 대개 CCD 카메라는 CMOS 카메라가 포함하는 각각의 검출기 픽셀에 대한 추가적인 회로를 포함하지 않으며, 따라서 CMOS 카메라의 감도를 제한하는 높은 레벨의 배경이 문제되지 않는다.
- [0188] 그러나, CMOS 카메라와는 달리, CCD 카메라들은 각각의 검출기 픽셀을 개별적으로 어드레스하지 않고, 센서 어레이의 검출기 픽셀들을 동시에 판독할 수 없다. 대신에, CCD 카메라는 열 단위로 또는 행 단위로 판독을 수행한다. 즉, 검출기 픽셀들은 제2 열 또는 행의 검출기 픽셀들이 판독되기 전에 제1 열 또는 행의 검출기 픽셀들이 판독되도록, 한번에 하나의 열 또는 행을 판독한다. 따라서, CCD 카메라로 이미지가 획득될 때, 상이한 열들 또는 행들 내의 검출기 픽셀들은 그들 각각의 열들 또는 행들이 판독되는 순서에 따라 상이한 국소 집적 시간들을 갖는다.
- [0189] 결과적으로, 특정한 광역 노출 시간을 이용하여 CCD 카메라로 이미지가 획득될 때, 모든 검출기 픽셀들이 광역

노출 시간과 동일한 국소 노출 시간을 갖지는 않을 것이다. 특히, 일단 CCD의 판독 단계가 개시되면, 제1 열 또는 행이 즉시 판독되는 동안, 다른 열들 또는 행들은 그들이 판독될 때까지 그들의 집적 단계에 유지될 것이다.

[0190] 예를 들어, 검출기 픽셀들의 제1 열이 판독되고 있는 동안, 검출기 픽셀들의 다른 열들은 그들의 국소 집적 단계들에서 유지되고, 신호(예를 들어, 전하)를 계속 축적한다. 따라서, 판독될 제1 열의 검출기 픽셀들 및 판독될 마지막 열의 검출기 픽셀들 사이의 국소 집적 시간의 차이는 판독 시간에 따라 달라지며, 이는 CCD 카메라의 센서 어레이 내의 검출기 픽셀들의 각각의 열을 판독하는데 필요한 총 시간에 대응한다. 만일 판독 단계 동안 CCD의 센서 어레이가 노출되는 경우, 예를 들어, (예컨대, 셔터에 의해) 광을 수신하는 것이 차단되지 않는 경우, 상이한 열들의 검출기 픽셀들에 대한 국소 집적 시간들은 상이할 것이다. 따라서, 나중에 판독되는 열들의 검출기 픽셀들은 신호를 축적하는 더 긴 시간을 가질 것이다. 획득된 이미지의 이미지 픽셀들의 강도 값들은, 그것들이 의도하는 바와 같이, 센서 어레이에 걸쳐 입사하는 광의 양의 공간적 변화들을 반영할 뿐만 아니라, 이들이 대응하는 다양한 검출기 픽셀들의 국소 집적 시간들의 차이들을 반영할 것이다. 상이한 검출기 픽셀들의 국소 집적 시간들의 차이들로부터 야기되는 이미지 픽셀들의 강도 값들의 의도하지 않은 변화들은, 획득된 이미지가 센서 어레이에 걸쳐 입사하는 광의 양의 실제 공간 변화를 포착하는 정확도를 열화시키는 아티팩트들이다.

[0191] 대개, 판독은 센서 어레이의 일 단부로부터 다른 쪽 끝까지 열 단위 방식으로 발생하여, 주어진 검출기 픽셀의 국소 집적 시간은 센서 어레이에 걸친 열 번호에 따라 증가한다. 상이한 열들의 검출기 픽셀들에 대한 국소 집적 시간들의 이러한 차이는 획득된 이미지 내의 기울기 아티팩트(gradient artifact)를 생성하며, 여기서, 획득된 이미지의 일 단부로부터 다른 쪽으로의 강도의 근사적으로 선형적인 증가는 진정한 이미지를 표현하는 이미지 픽셀 강도의 원하는 공간적 변화들에 중첩된다.

[0192] 기울기 아티팩트의 심각도는 광역 집적 시간과 비교하여 판독 시간이 얼마나 큰 지에 따라 달라진다. 예를 들어, CCD 카메라의 광역 집적 시간은 그 판독 시간의 10배만큼 크고, 그 뒤, 국소 집적 시간들의 차이 및, 따라서 판독될 검출기 픽셀들의 제1 열과 마지막 열 사이의 국소 노출 시간들은 최대 대략 10퍼센트일 것이다. 따라서, 이미징될 특징들로부터 야기되는 강도의 진정한 변화들이 기울기 아티팩트를 극복할 것이다. 한편, CCD 카메라에 대한 광역 집적 시간이 판독 시간과 유사하거나 근사적으로 동일한 경우, 판독될 검출기 픽셀들의 마지막 열은 판독될 검출기 픽셀들의 제1 열의 국소 집적 시간의 대략 1.5배 내지 2배의 국소 집적 시간을 가질 것이다. 이 경우, 상이한 검출기 픽셀들의 국소 집적 시간들의 차이에 의해 생성된 기울기 아티팩트가 중요할 것이다.

[0193] 따라서, 이러한 기울기 아티팩트들의 심각도는 CCD의 판독 시간보다 실질적으로 더 큰 광역 집적 시간들을 사용함으로써 최소화될 수 있다. 이러한 접근법은 CCD를 이용한 정확하고 아티팩트 없는 이미징을 가능하게 하지만, 긴 광역 집적 시간을 필요로 하며, 이에 따라 신속한 이미지 획득을 허용하지 않는다.

[0194] 일부 실시형태들에서, 셔터는 이미지를 획득하는데 사용되는 광역 집적 시간이 CCD의 판독 시간보다 상당히(예를 들어, 대략 10배) 더 큰 상술한 요건을 완화하는 데에 사용되어, 이미지들이 더 짧게(예를 들어, 판독 시간의 10배보다 더 작게) 획득될 수 있다. 특히, CCD 카메라는 폐쇄되었을 때 외부 조명이 센서 어레이에 도달하는 것을 차단하는 기계적 셔터를 사용할 수 있다. 셔터는 CCD 카메라의 판독 단계 동안에 셔터가 CCD의 센서 어레이의 검출기 픽셀들의 조명을 방지하도록, 판독 동안에 또는 판독이 시작되기 전에 짧게 폐쇄될 수 있다. 따라서, 이미지가 셔터를 사용하여 CCD 카메라로 획득될 때, 셔터는 검출기 픽셀들의 국소 집적 단계들이 개시될 때 개방되고, 판독이 시작되기 전에 또는 막 시작될 때 폐쇄된다. 일부 실시형태들에서, 셔터가 개방되기 시작할 때 각각의 픽셀이 그 집적 단계에 있도록, 각각의 픽셀이 그의 집적 단계를 시작한 후에, CCD 셔터가 개방되기 시작한다. 일부 실시형태들에서, CCD 셔터는 판독 단계의 시작 전에 닫히기 시작하여, CCD 셔터는 판독이 시작되기 전에 완전히 폐쇄된다.

[0195] 이러한 방식으로, 각각의 검출기 픽셀에 대한 국소 노출 시간은 CCD의 판독 시간보다는, CCD 셔터의 개방 및 폐쇄에 의해 주로 결정된다. 특히, CCD 카메라의 판독 단계 동안 CCD 셔터가 완전히 폐쇄되면, 검출기 픽셀들은 판독 단계 동안 노출되지 않는다. 따라서, 특정 검출기 픽셀들이 다른 것들보다 더 긴 국소 집적 시간들을 가질 것이지만, 그들은, 다른 검출기 픽셀들이 그들 각각의 국소 집적 단계들을 종료하여 판독되고 있는 이후에 발생하는 그들의 국소 집적 단계들의 부분들 동안에, 추가적인 신호를 축적하지 않을 것이다. 따라서, CCD 셔터를 사용하는 것은 검출기 픽셀들의 순차적인 열 단위 판독에 의해 생성된 아티팩트를 해결한다.

[0196] 그러나, CCD 셔터는 검출기 픽셀들에 대해 균일한 국소 노출 시간들을 달성하지 못할 수 있다. CCD 셔터를 사용하는 것은 판독 전에 검출기 픽셀들의 국소 노출 단계를 종료시키지만, 이는 사소하지 않은 유한한 양의 시간이 소요되며, 따라서 상이한 시간에 상이한 검출기 픽셀들의 노출을 시작 및 종료시킨다.

- [0197] 특히, CCD 셔터가 센서 어레이에 걸쳐 슬라이딩함으로써 개방 및 폐쇄되기 때문에, 검출기 픽셀들의 상이한 열들은 상이한 시간 동안 노출된다. 예를 들어, CCD 셔터가 개방될 때, 센서 어레이의 제1 단부에서 검출기 픽셀들의 제1 열은 전자기 복사선에 의한 조명을 위해 즉시 이용 가능하고, 검출기 픽셀들의 마지막 열은 CCD 셔터가 완전히 개방될 때까지 조명되는 것이 방지된다. 유사하게, CCD 셔터가 폐쇄될 때, 검출기 픽셀들의 마지막 열은 외부 조명으로부터 즉시 차단되는 반면, 센서의 반대쪽 단부에 있는 제1 열은 CCD 셔터가 완전히 폐쇄될 때까지 노출된 채로 유지된다. 따라서, 판독 시간과 마찬가지로, CCD 셔터를 개방 및/또는 폐쇄하는 데 걸리는 시간, 즉, CCD 셔터 지연은 상이한 검출기 픽셀들이 상이한 국소 노출 시간을 갖게 하고, 유사한 기울기 아티팩트들을 생성할 수 있다.
- [0198] CCD 셔터 지연 시간은 대개 판독 시간보다 짧지만, CCD 셔터 지연은 CCD 카메라에 대한 노출 시간에 대해 유사한 하한을 부과한다. 특히, 일부 실시형태들에서, CCD 카메라를 이용한 아티팩트 없는 이미지 획득은 대개 CCD 셔터 지연보다 대략 10배 큰 광역 노출 시간들을 사용하여 이미지들이 획득되는 것을 요구한다. 예를 들어, 대략 40 ms의 전형적인 CCD 셔터 지연에 대하여, 적어도 약 400 ms의 전형적인 광역 노출 시간이 사용되어야 한다. 따라서, CCD 카메라로 빠른 이미징을 요구하는 이미징 응용예에 있어서, CCD 셔터 지연 및/또는 판독 시간에 의해 부과되는 노출 시간에 대한 하한을 극복하는 접근법이 필요하다.
- [0199] 본원에 설명된 접근법은 CCD 셔터 지연 및 판독 시간이 CCD 카메라에서 차지하는 이미징 속도에 대한 제한을 다룬다. 이들은 CCD 카메라가 고속 sCMOS와 유사한, 그리고 이를 초과하는 속도로 영상을 획득하게 한다. 따라서, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 이미징 시스템이 CCD 카메라의 감도 이점의 장점을 갖고, 이전에는 덜 민감한 CMOS 카메라로만 가능했던 빠른 속도로 이미지를 가능하게 한다.
- [0200] 일부 실시형태들에서, 적절한 형상을 갖는 여기 광의 빔은 빔 성형 광학계를 통해 달성된다. 예를 들어, 도 1b를 참조하면, 빔 성형 광학계를 이용하는 광학 시스템(100b)의 레이아웃의 예가 도시된다. 일부 실시형태들에서, 빔 성형 광학계(122)는 광학 경로(105a 및 105b 함께) 내에서 여기원으로부터 검류계 광학 스캐너까지 위치된다. 빔 성형 광학계(122)는 여기원의 출력부(104)로부터의 거리(151) 및 검류계 광학 스캐너로부터의 거리 $d_0^{(2)}$ (152)에 위치된다. 이러한 방식으로, 여기원(102)에 의해 방출된 여기 광의 빔은 여기원의 출력부(104)로부터 빔 성형 광학계(122)까지의 광학 경로(105a)를 따라 그리고 빔 성형 광학계(122)로부터 검류계 광학 경로(106)까지의 광학 경로(105b)를 따라 이동한다.
- [0201] 빔 성형 광학계는 시준된 또는 집속된 여기 광의 빔을 생성하는데 사용될 수 있다. 특히, 일부 실시형태들에서, 빔 성형 광학계는 시준 광학계를 통과한 후에, 여기 광의 빔이 (i) 검류계 광학 스캐너를 향해 그리고, (ii) 검류계 광학 스캐너로부터 대상 평면까지 이동할 때 천천히 발산하면서 실질적으로 고정된 크기를 유지하도록 정렬되는 시준 광학계이다. 일부 실시형태들에서, 빔 성형 광학계는 집속 광학계(focusing optic)이고, 집속 광학계는 집속 광학계를 통과한 후에 여기 광의 빔이 (i) 검류계 광학 스캐너를 향해 그리고 (ii) 검류계 광학 스캐너로부터 대상 평면으로 이동할 때 수렴하도록 [예를 들어, 대상 평면에서 여기 광의 빔의 스폿 크기(예를 들어, 직경)가 집속 광학계에서 여기 광의 빔의 초기 크기(예를 들어, 직경) 보다 작도록] 정렬된다.
- [0202] 빔 성형 광학계(예를 들어, 시준 광학계, 예를 들어, 집속 광학계)의 파라미터(예를 들어, 초점 길이) 및 (예를 들어, 여기원의 출력으로부터 검류계 광학 스캐너까지의 광학 경로를 따라) 광학 시스템에서의 그것의 위치는 여기 광의 빔이 빔 성형 광학계를 통과할 때 적절한 특성을 갖는 여기 광의 시준 또는 집속된 빔이 생성되도록 결정된다.
- [0203] 빔 성형 광학계를 사용하여 생성된 여기 광의 빔의 특성은 여기원으로부터 직접 원하는 형상으로 출력되는 여기 광의 빔에 대해 전술한 것과 유사하다. 그러나, 이하에서 설명되는 바와 같이, 여기원(102)의 출력부(104)와 반대되는, 빔 성형 광학계(122)의 위치에 대해 작업 거리 및 초기 빔 직경이 측정된다.
- [0204] 일부 실시형태들에서, 여기원에 의해 직접 성형된 여기 광의 빔과 유사하게, 검류계 광학 스캐너(106)의 검류계 미러의 크기는, 부분적으로, 여기 광의 빔의 초기 빔 직경을 설정한다. 빔 성형 광학계가 사용되는 경우, 초기 빔 직경은 빔 성형 광학계(122)의 위치에서 측정된다. 특히, 빔 성형 광학계로부터 검류계 광학 스캐너(106)까지의 광학 경로(105b)를 따라, 거리 $d_0^{(2)}$ (152)과 함께 빔에서의 초기 빔 직경이 검류계 광학 스캐너(106)에서 여기 광 빔의 스폿 크기가 검류계 광학 스캐너(106)의 검류계 미러의 크기 w_{galvo} (162)보다 작도록 설정된다. 일부 실시형태들에서, 검류계 광학 스캐너의 검류계 미러의 크기는 직경이 3 내지 5 mm인 스폿 크기를 갖는 여기 광의 빔을 수용할 수 있다.

- [0205] 일부 실시형태들에서, 빔 성형 광학계는, 여기 광의 빔이 스캔 영역을 통해 스캔되더라도, 스캔 영역 내의 위치들에서의 그 스폿 크기가 최소의 원하는 스폿 크기 미만인 되도록, 여기 광의 적절한 형상의 빔(예를 들어, 빔 성형 광학계를 통과한 이후)을 생성하기 위해 사용된다. 위에서 설명된 바와 같이, 일부 실시형태들에서, 스캔 영역 내의 최소 스폿 크기는 이미징이 수행되어야 하는 매체의 산란 길이에 의해 결정된다. 따라서, 일부 실시형태들에서, 조직과 같은 확산 매체 내에서의 이미징을 위해, 여기 광의 빔은 스캔 영역 내의 위치들에서 직경이 1 mm 미만인 스폿 크기를 달성하도록 성형된다. 일부 실시형태들에서, 여기 광의 빔은 스캔 영역 내의 위치들에서 대략 0.5 mm의 스폿 크기를 달성하도록 성형된다.
- [0206] 빔 성형 광학계가 여기 광의 시준 또는 집속된 빔을 생성하는데 사용되는 경우, 작업 거리는 빔 성형 광학계로부터 검류계 광학 스캐너까지, 검류계 광학 스캐너로부터 물체 평면까지의 광학 경로를 따라 측정된다. 여기 광의 빔이 스캔 영역에 걸쳐 스캐닝될 때, 빔 성형 광학계로부터 물체 평면까지의 작업 거리가 변한다.
- [0207] B. 동기화된 조명 접근법
- [0208] 본원에서 설명하는 시스템 및 방법은 CCD 센서 어레이가 완전히 노출되고 센서 어레이의 각각의 검출기 픽셀이 그의 국소 노출 단계에 있을 때, 이미징될 하나 이상의 대상(들)이 선택적으로 조명되도록, 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화함으로써 이러한 고유의 기능을 달성한다. CCD 센서가 완전히 노출되지 않았을 때(예를 들어, CCD 카메라가 개방 및/또는 폐쇄되고 있을 때; 예를 들어, CCD 카메라가 판독 단계에 있을 때), 본원에 설명된 접근법은 대상(들)의 조명이 이미징되는 것을 방지한다.
- [0209] 이러한 방식으로, 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법은 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 방지함으로써, 이에 따라 이미지 형성 광이 생성되고/되거나 CCD 센서 어레이에 도달하는 것을 방지함으로써, 상이한 검출기 픽셀들에 대한 국소 노출 시간의 차이로부터 발생하는 이미지 아티팩트를 실질적으로 감소 및/또는 제거한다. 본원에 설명된 시스템 및 방법은 또한, 미광(stray light) 및 주변 광과 같은 다른 광이 CCD 센서 어레이에 도달하는 것을 방지하여, CCD 센서 어레이가 완전히 노출되지 않을 때 CCD 센서 어레이에 도달하는 임의의 종류의 광의 양을 최소화하기 위해 다양한 하우징을 이용할 수 있다.
- [0210] 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 접근법들은 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 CCD 센서 어레이에서의 광의 평균 전력이 CCD 카메라의 노이즈 플로어 미만으로 유지되게 한다. 예를 들어, CCD 카메라 센서 어레이에서의 광 레벨은 CCD 카메라의 판독 노이즈에 대응하는 하나를 생성하는 것들 미만으로 유지될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 이하 설명되는 바와 같이, CCD 센서 어레이에서의 광 레벨들은 CCD 셔터가 판독 단계 이전에 또는 판독 단계 동안에 폐쇄될 필요를 회피할 수 있을 정도로 충분히 감소될 수 있다.
- [0211] 완전히 노출되지 않을 때 CCD 센서 어레이에 도달하는 광의 양을 최소화함으로써, 무시할 수 있는 신호는 광역 노출 단계와 상이한(예를 들어, 외부에 있는) 그들의 국소 노출 단계들의 부분들 동안에 검출기 픽셀들에 의해 축적된다. 따라서, 다양한 검출기 픽셀들에 대한 국소 노출 시간이 CCD 셔터 지연 및/또는 판독 시간의 결과로서 상이할 수 있지만, 이들 차이에 의해 생성된 이미지 아티팩트는 무시할 수 있다. 이는, 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법을 이용하지 않는 이전의 시스템 및 방법을 사용하여 정확한(예를 들어, 아티팩트 없는) 이미징을 위해 요구되던 CCD 셔터 지연 한계 및/또는 판독 시간 한계보다 확실히 적은 CCD 노출 시간들(예를 들어, 광역 노출 시간; 예를 들어, 공칭 노출 시간)을 사용하는, 아티팩트 없는 고감도 이미징을 가능하게 한다.
- [0212] 상술한 방식으로 동기화된 조명을 제공하는 것이 중요하다. 일부 실시형태들에서, 특정 조명원의 경우, 컨트롤러 모듈을 사용하여 조명원(102)를 빠르게 온/오프 스위칭함으로써 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 조명을 동기화할 수 있다. 그러나, 이러한 방식으로 동기화된 조명을 제공하는 성능은 적절한 조명원의 이용가능성에 따라 달라진다. 단층촬영 이미징 응용에는 특정 파장에서 그리고/또는 특정 레벨의 출력 전력에서 광을 방출하는 조명원을 필요로 할 수 있다. 많은 경우에, (예를 들어, 출력 파장 및/또는 출력 전력의 관점에서) 특정 단층촬영 이미징 응용예의 요구사항을 만족시키고 또한 충분한 속도로 턴온 및 턴오프될 수 있는 조명원은, 간단하게 존재하지 않을 수 있다(또는 엄청나게 비쌀 수 있다). 특히, 많은 조명원들은 적절한 속도로 턴온 및 턴오프될 수 없다. 또한, 일단 턴온되면, 조명원들은 조명 광의 안정된 빔을 생성하기 전에 안정화되는 데 종종 시간이 걸린다. 조명원이 켜진 직후 그리고 그것이 안정화되기 이전의 안정화 기간 동안, 조명 광의 빔은 대개, 출력이 상당히 변동한다. 따라서, 여전히 안정화되는 동안 조명원이 턴온된 이후 즉시 조명원에 의해 제공되는 조명을 갖는 이미징은 낮은 품질의 노이즈가 있는 이미지를 초래한다. 이것은 광학 단층촬영 이미징 응용예에 사용되는 레이저 소스의 경우에 특히 사실이며, 조직 내에서 이미징을 위한 적절한 출력을 전달하기 위해 더 높은 출력의 레이저들이 필요하다. 유사하게, 많은 조명원들은 순간적으로 턴오프되지 않으며, 대신에, 출력 전력이 충분히 낮은 값(예를 들어, 약 0; 예를 들어, 검출기의 노이즈 플로어에 대응하는 검출기 신호를 생성하는 값 미만)에

도달하기 전에도, 안정화 시간 지연이 존재한다. 통상적인 레이저 소스의 경우, 대개의 온/오프 지연 및 안정화 시간은 몇 초 정도이다.

[0213] 또한, 초퍼(chopper)와 같은 변조기는 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하는 데에 사용될 수 없다. 변조기는 주기적인 방식으로 조명 광의 빔을 주기적으로 차단 및 차단해제함으로써 주기적인 조명을 제공한다. 주기적으로 변하는 조명을 생성하는 것은, CCD 카메라가 있는 이미지 획득 시퀀스의 단계에 응답하기 보다는, 조명의 빔의 차단 및 차단해제가 주기적인 간격으로 일어나는 것과 같이, CCD 카메라의 특정 단계와 조명을 동기화하게 하지 않는다. 따라서, 변조기 접근법은 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있을 때 그렇지 않을 때의 시간들이 상이하다는 사실을 고려하지 않으며, 예를 들어 높은 다이نام믹 레인지(HDR) 이미징에 필요한 것과 같이 상이한 이미지에 대해 상이한 광역 노출 시간이 사용되는 경우에는 사용될 수 없다.

[0214] 이하 설명되는 바와 같이, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하는 문제를 해결하는 2가지 접근법을 제공하고, 조명원이 충분한 속도로 스위치 온/오프될 수 없는 경우에도 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 조명의 동기화를 가능하게 한다. 이들 2개의 접근법은 (i) 회전 검류계 미러 시스템의 사용 및 (ii) 레이저 셔터 시스템의 사용에 기초한다. 2가지 접근법은 개별적으로 또는 조합하여 사용될 수 있다. 도 2는 조명을 CCD 카메라(220)의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 회전 검류계 미러 접근법 및 레이저 셔터 접근법을 예시하는 예시적인 광학 단층촬영 이미징 시스템(200)의 개략도를 도시한다.

[0215] B.i 회전(소스) 검류계 미러를 통한 조명 제어

[0216] 도 2에 도시된 예시적인 광학 단층촬영 이미징 시스템(200)에서, 조명원(102)은 그의 출력부(104)로부터의 조명 광의 빔을 소스 검류계 미러(202)로 지향시키도록 정렬되고 작동될 수 있다. 소스 검류계 미러(202)는 회전 검류계 미러이며, 복수의 각도를 통해 회전하도록 작동될 수 있다.

[0217] 일부 실시형태들에서, 소스 검류계 미러(202)는 (i) 제1 회전 각도에서 (예를 들어, 반사를 통해) 조명 광의 빔을 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)로 향하게 하도록, 그리고 (ii) 제2 회전 각도에서 (예를 들어, 반사를 통해) 조명 광의 빔을 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)로부터 멀어지게 향하도록 정렬된다.

[0218] 예를 들어, 도 2에 도시된 광학 시스템(200)에서, 소스 검류계 미러(202)는 제1 회전 각도로 회전될 때 광학 경로(212)를 따라서 반사를 통해 조명 광의 빔을 검류계 광학 스캐너(106)로 지향시키도록 정렬된다. 검류계 광학 스캐너(106)는 복수의 조명 위치에서 이미징될 하나 이상의 대상(들)을 조명하기 위해 스캔 영역(116) 내의 복수의 여기 위치를 통해 조명 광의 빔의 스캐닝을 제공한다.

[0219] 일부 실시형태들에서, 예를 들어 도 2에 도시된 바와 같이, 시스템은, 소스 검류계 미러(202)가 제2 회전 각도로 회전될 때 조명 광의 빔이 (예를 들어, 광 경로(214)를 따라) 빔 덤프(216)를 향하도록 배치된, 빔 덤프(216)를 포함한다. 이러한 방식으로 빔 덤프(216)로 조명 광의 빔을 지향시키는 것은 빔 덤프(216)가 조명 광의 대부분의 빔을 흡수하게 하고, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때에 산란되고 CCD 카메라의 센서 어레이에 도달할 수 있는 미광의 양을 감소시킨다.

[0220] 회전 검류계 미러는 대개 수백 마이크로 초(μs)(예를 들어, 100 μs ; 200 μs ; 300 μs ; 400 μs ;) 내에 상이한 각도들 사이에서 회전하도록 작동할 수 있다. 따라서, 소스 검류계 미러(202)는, CCD 셔터 지연 및/또는 관독 시간보다 현저히 더 짧은 시간 내에, 이미징될 하나 이상의 대상(들)에 대해 조명을 지향하고, 그로부터 멀어지게 지향하도록 각각, 제1 및 제2 회전 각도 사이에서 회전될 수 있다.

[0221] 일부 실시형태들에서, 시스템은, 소스 검류계 미러(202), 조명원(102) 및/또는 그의 출력부(104)뿐만 아니라, 시스템 내에 포함되는 경우 빔 덤프(216)를 수용하는, 소스 하우징(206)을 포함한다(예를 들어, 일부 실시형태들에서, 조명원은 섬유 연결 소스이고, 조명 광의 빔이 방출되는 섬유의 말단부만이 소스 하우징(206) 내에 수용되어야 할 수 있음). 소스 하우징(206)은 출구 포트(208)를 포함한다. 소스 검류계 미러(202)는 제1 회전 각도로 회전될 때, 조명 광의 빔이 출구 포트(208)를 통해 이미징될 하나 이상의 대상(들)에 지향되도록 정렬된다. 소스 검류계 미러(202)는 제2 회전 각도로 회전될 때, 조명 광의 빔이 출구 포트(208)로부터 멀어지도록, 예를 들어 소스 하우징(206) 내의 빔 덤프(216)에 지향되도록 정렬된다. 소스 하우징(206)은 조명 광에 대해 실질적으로 불투명하며, 소스 검류계 미러(202)가 제2 회전 각도로 회전될 때 (예를 들어, CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있지 않을 때 CCD 센서 어레이에 도달하는 미광을 최소화하기 위해) 소스 하우징(206)으로부터 방출되어 CCD 카메라에 도달하는 미광을 최소화하기 위한 광학 배플(baffle)을 포함할 수 있다.

[0222] 시스템은 조명원(102) 및/또는 그 출력부(104)(예를 들어, 일부 실시형태들에서, 조명원은 섬유 연결된 소스이

고, 조명 광의 빔이 방출되는 섬유의 원위 단부만이 소스 하우징(206) 내에 수용될 필요가 있음), 소스 검류계 미러(202), 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c) 및 CCD 카메라를 수용하는 광학 시스템 하우징을 포함할 수 있다. 광학 시스템 하우징은 광에 대해 실질적으로 불투명하고, 주변 광이 CCD 카메라의 센서 어레이에 도달하는 것을 실질적으로 방지한다. 이러한 방식으로, 광학 시스템 하우징을 사용하는 것은, 완전히 노출되지 않았을 때 단지 조명 광 및 미광뿐만이 아닌 임의의 광이 CCD 카메라의 센서 어레이에 도달하는 것을 최소화할 수 있다.

[0223] B.ii 레이저 셔터를 통한 조명 제어

[0224] 일부 실시형태들에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 시스템(200)은 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)에 지향되는 바와 같은 조명 광의 빔의 광학 경로(212)에 위치하는 레이저 셔터(204)를 포함한다. 레이저 셔터(204)는 자동적으로 개방되고 폐쇄되도록 동작할 수 있다. 레이저 셔터(204)가 개방될 때, 조명 광의 빔은 레이저 셔터(204)를 통과하여 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)을 조명하게 된다. 레이저 셔터(204)가 폐쇄될 때, 레이저 셔터는 조명 광의 빔을 차단하여, 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c)이 조명 광의 빔으로 조명되는 것을 방지한다.

[0225] 따라서, 레이저 셔터(204)를 개폐함으로써, 조명 광의 빔으로 하나 이상의 대상(들)을 조명하는 것이 효과적으로 각각 스위칭 온 및 오프될 수 있다. 레이저 셔터들은 대개 수 ms(예를 들어, 1 ms; 예를 들어, 1.5 ms; 예를 들어, 2 ms) 내에서 개방 및 폐쇄하도록 동작할 수 있다. 따라서, 조명은 CCD 카메라의 CCD 셔터 지연 및/또는 관독 시간보다 현저히 짧은 시간에 레이저 셔터(204)의 개방 및 폐쇄를 통해 스위칭 온 및 오프될 수 있다.

[0226] 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 제어하기 위해 레이저 셔터를 이용하는 시스템은 조명원(102) 및/또는 그 출력부(104)를 수용하는 소스 하우징(206)을 포함할 수 있다. 레이저 셔터(204)는 소스 하우징의 출구 포트(208)에 근접하게 위치된다. 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 레이저 셔터(204)는, 레이저 셔터(204)가 개방되어 있을 때, 조명 광의 빔이 레이저 셔터(204)를 통과되어 출구 포트(208)로 통과되도록, 출구 포트(208)의 전방에 직접 위치될 수 있다. 레이저 셔터는 또한 출구 포트(208)에 직접 또는 그 직후에 위치될 수 있고, 이와 유사하게, 이미징될 하나 이상의 대상(들)의 조명을 제어할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 출구 포트(208) 이전에 레이저 셔터(204)를 위치시키는 것은 레이저 셔터(204)의 다른 위치와 비교하여, 소스 하우징(206)을 떠나 CCD 센서 어레이에 도달할 수 있는 미광의 양을 감소시키고, 그리고/또는 미광이 소스 하우징(206)을 떠나 CCD 센서 어레이에 도달할 수 있는 가능성을 감소시킨다.

[0227] 일부 실시형태들에서, 레이저 셔터(204)를 이용하는 시스템은 조명원(102) 및/또는 그의 출력부(104), 레이저 셔터(204), 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c) 및 CCD 카메라를 수용하는 광학 시스템 하우징을 포함한다. 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하기 위한 소스 검류계 미러 기반 접근법에 대하여 전술한 바와 같이, 이러한 광학 시스템 하우징은 완전히 노출되지 않을 때 CCD 카메라의 센서 어레이에 도달하는 주변 광의 양을 최소화하기 위해 사용될 수 있다.

[0228] B.iii 소스 검류계 미러 및/또는 레이저 셔터의 단독 또는 조합 사용

[0229] 본원에 설명된 시스템 및 방법은 하나 이상의 대상(들)의 조명을 제어하기 위해 개별적으로 소스 검류계 미러(202) 또는 레이저 셔터(204)를 사용할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 소스 검류계 미러(202) 및 레이저 셔터(204) 모두가 도 2에 도시된 바와 같이 조합되어 사용된다.

[0230] 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 레이저 셔터(204)는, 대상(들)이 조명되도록 의도되지 않을 때(예를 들어, CCD가 광역 노출 단계에 있지 않은 경우), (예를 들어, 하나 이상의 대상(들)의 조명 및/또는 센서 어레이 상에서의 직접 산란을 통해) CCD의 센서 어레이에 도달하는 의도하지 않은 조명 광의 양을 최소화하기 위해 소스 검류계 미러(202) 이후에 위치될 수 있다. 이러한 접근법은 고출력의 레이저가 사용될 때 바람직할 수 있다. 그러한 고출력 레이저는 수백 mW 정도까지의 출력으로 조명 광의 빔을 출력할 수 있다(예를 들어, 대략 100 mW; 예를 들어, 대략 100 mW 이상; 예를 들어, 대략 200 mW 이상; 예를 들어, 대략 300 mW 이상; 예를 들어, 대략 500 mW 이상; 예를 들어, 대략 750 mW 이상; 예를 들어, 대략 1 W). 이러한 고출력의 레이저는 조명 광의 빔의 빔 웨이스트(beam waist)에서 1 mm보다 작은 스폿 크기로 포커싱될 수 있다.

[0231] 일부 실시형태들에서, 소스 검류계 미러(202) 및 레이저 셔터(204) 모두를 사용하는 시스템은 소스 검류계 미러(202), 레이저 셔터(204), 조명원(102) 및/또는 그 출력부(104)와, 시스템 내에 포함되는 경우 빔 덤프(216)를 수용하는 소스 하우징(206)을 포함한다. 시스템은 또한 소스 검류계 미러(202), 레이저 셔터(204), 조명원(102) 및/또는 그 출력부(104)와, 이미징될 하나 이상의 대상(들)(114a, 114b, 114c) 및 CCD 카메라를 수용하는 광학

시스템 하우징을 포함할 수 있다.

[0232] B.iv 동기화된 조명을 이용한 이미지 획득

[0233] 소스 검류계 미러 및/또는 레이저 셔터는 소스 검류계 미러(202)의 회전 및/또는 레이저 셔터(204)의 자동 개방 및 폐쇄를 통해 하나 이상의 대상(들)의 조명이 제어되게 한다. 전술한 소스 검류계 미러(202) 및/또는 레이저 셔터(204) 접근법들에 의해 제공되는 조명 제어는 이미지 획득 동안 조명을 CCD의 광역 노출 단계와 동기화하기 위해 사용될 수 있다.

[0234] 도 4a는 이미지 획득 동안 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 하나 이상의 대상(들)의 조명을 동기화하기 위해 전술한 바와 같이 소스 검류계 미러(202)에 의해 제공되는 조명 제어를 사용하는 예시적인 프로세스(400a)를 도시한다. 도 2와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이, 조명 광의 빔은 조명원(102)의 출력부(104)로부터 소스 검류계 미러(202)로 지향된다(410a). 이미지 획득 동안, 소스 검류계 미러(202)는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부에 기초하여, 각각, 하나 이상의 대상(들)을 선택적으로 조명하거나, 이들의 조명을 방지하기 위해, 제1 회전 각도와 제2 회전 각도 사이에서 회전된다.

[0235] CCD가 광역 노출 단계에 있을 때 하나 이상의 대상(들)을 선택적으로 조명하기 위하여, 소스 검류계 미러(202)는 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작 및 끝을 각각 나타내는 수신된 신호에 응답하여 각각, 제1 회전 각도와 제2 회전 각도 사이에서 회전된다.

[0236] 특히, 주어진 이미지를 획득하기 위해서, CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호가 소스 검류계 제어기 모듈에 의해 수신된다(420). 수신된 제1 트리거 신호에 응답하여, 소스 검류계 미러(202)는 제1 회전 각도로 회전함으로써(430a), 하나 이상의 대상(들)의 조명을 제공한다. 소스 검류계 미러(202)는 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호가 소스 검류계 제어기 모듈에 의해 수신될 때까지(440), CCD 카메라의 광역 노출 단계의 지속기간(예를 들어, 광역 노출 시간) 동안 제1 회전 각도로 유지된다. 제2 트리거 신호에 응답하여, 소스 검류계 미러는 제2 회전 각도로 회전되고(450a), 그에 의해 하나 이상의 대상(들)이 조명되지 않도록 하나 이상의 대상(들)으로부터 멀어지게 조명이 지향한다.

[0237] 레이저 셔터(204)에 의해 제공되는 조명 제어를 통해 하나 이상의 대상(들)의 조명을 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화하는 데에 유사한 접근법이 사용될 수 있다.

[0238] 도 4b는 이미지 획득 동안 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 하나 이상의 대상(들)의 조명을 동기화하기 위해 전술한 바와 같은 레이저 셔터(204)에 의해 제공되는 조명 제어를 사용하는 예시적인 프로세스(400b)를 나타낸다. 도 2에 관해 위에서 설명된 바와 같이, 조명 광의 빔은 레이저 셔터(204)를 통해 조명원(102)의 출력부(104)로부터 지향된다(410b). 이미지 획득 동안, 레이저 셔터는 CCD 카메라가 광역 노출 단계에 있는지 여부에 기초하여, 하나 이상의 대상(들)의 조명을 선택적으로 허용하거나 방지하기 위해 개방 및 폐쇄된다.

[0239] CCD가 광역 노출 단계에 있을 때 하나 이상의 대상(들)을 선택적으로 조명하기 위하여, 레이저 셔터(204)는 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작 및 종료를 각각 나타내는, 수신된 신호들에 응답하여 자동으로 개방 및 폐쇄된다.

[0240] 특히, 주어진 이미지를 획득하기 위해, CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호가 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해 수신된다(420). 수신된 제1 트리거 신호에 응답하여, 조명 광의 빔이 레이저 셔터를 통과하여 하나 이상의 대상(들)을 조명하도록, 레이저 셔터가 개방된다. 레이저 셔터(204)는 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 지속기간(예를 들어, 광역 노출 시간) 동안, 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호가 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해 수신(440)될 때까지, 개방을 유지한다. 제2 트리거 신호에 응답하여, 레이저 셔터(204)는 폐쇄되고(450a), 이에 의해 조명 광의 빔을 차단하고 하나 이상의 대상(들)의 조명을 방지한다.

[0241] 이러한 방식으로, 프로세스들(400a 및 400b)은 각각의 획득된 이미지에 대해 단계들(420, 430a 및/또는 430b, 440, 및 450a 및/또는 450b)을 수행하면서, 하나 이상의 대상들의 하나 이상의 이미지들(470)을 획득하기 위해 사용될 수 있다. 단계들은, 예를 들어, 검류계 광학 스캐너(106)에 의해 수행되는 스캔의 각각의 여기 위치 또는 여기 위치들의 세트를 위해 부가적인 이미지들이 요구되는 한, 반복된다(460). 일단 원하는 이미지들이 획득되면, 이들은 예를 들어 하나 이상의 대상(들)의 하나 이상의 단층촬영 이미지들을 생성하기 위해 예를 들어, 단층촬영 복원 알고리즘들을 통해 저장되고/되거나 더 처리될 수 있다(480).

[0242] 도 3은 소스 검류계 미러(202) 및 레이저 셔터(204)를 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화시키는 예시적인

타이밍도(300)를 도시한다. 타이밍도(300)는 CCD 카메라에 대한 이미지 획득 시퀀스의 단계들, 제1 이미지(310) 및 제2 이미지(350)의 획득에 대응하는 시간들 동안의 CCD 셔터의 위치설정, 소스 검류계 미러의 위치설정, 및 레이저 셔터의 위치설정을 보여준다. 도 3에 도시된 바와 같이, 일단 제1 이미지의 획득이 개시되면, CCD 셔터가 개방되고, 이미지 획득 시퀀스의 광역 노출 단계에 도달하며, CCD 센서 어레이가 완전히 노출된다. CCD 셔터는 광역 노출 단계의 지속시간 동안 개방이 유지되며, 그 후 판독 단계가 시작되고, CCD 셔터가 폐쇄된다. 이미지 획득이 개시되기 전에, 소스 검류계 미러(202)는 제2 회전 각도로 회전되고, 조명 광의 빔을 이미징될 대상(들)으로부터 멀리, 그리고, 예를 들어, 빔 덤프로 지향시킨다.

[0243] 일부 실시형태들에서, 소스 검류계 미러는, CCD 셔터가 완전히 개방되고 광역 노출 단계에 도달할 때까지, 이미징될 대상(들)으로 조명 광의 빔을 지향시키기 위해 제1 회전 각도로 회전하지 않는다. 도 3에 도시된 바와 같이, CCD 셔터가 완전히 개방되면, 소스 검류계는 제1 회전 각도로 회전한다. 예시적인 타이밍도(300)는 도 2의 광학 단층촬영 이미징 시스템(200)에 관한 것이고, 소스 검류계 미러가 제1 회전 각도로 회전될 때, 조명 광의 빔을 검류계 광학 스캐너(106)로 지향시키고, 이는 다시 조명 광의 빔을 스캔 영역(116) 내의 위치로 지향시킨다는 것을 나타낸다. 소스 검류계 미러(202)는 광역 노출 단계 전체에 걸쳐 제1 회전 각도로 회전된 채로 유지된다. 일단 광역 노출 단계가 종료되고, CCD 셔터가 폐쇄되기 시작하면, 소스 검류계 미러는 제2 회전 각도로 다시 회전되고, 조명 광의 빔을 빔 덤프(216)로 지향시킨다. 소스 검류계 미러는 CCD 셔터가 제2 시간을 완전히 개방할 때까지 제2 회전 각도로 회전된 채로 유지되고, 제2 이미지를 획득하기 위해 사용되는 제2 광역 노출 단계가 시작된다.

[0244] 유사하게, 일부 실시형태들에서, 레이저 셔터(204)는 이미지 획득 시퀀스가 시작되면 폐쇄되고, 일단 CCD 셔터가 완전히 개방되고, 광역 노출 단계가 시작되면 개방된다. 레이저 셔터(204)는 광역 노출 단계 내내 개방되어 있고, 일단 CCD 셔터가 폐쇄되기 시작하면 폐쇄된다. 레이저 셔터(204)는 CCD 셔터가 제2 시간을 완전히 개방할 때까지 폐쇄 상태로 유지되고, 제2 이미지를 획득하기 위해 사용되는 제2 광역 노출 단계가 시작된다.

[0245] 이에 따라, 이미지 획득 동안 소스 검류계 미러(202) 및/또는 레이저 셔터(204)에 의해 제공되는 조명 제어 덕분에, 이미징될 대상(들)은 CCD 카메라의 광역 노출 단계 동안 조명되고, CCD 셔터가 개방 과정에 있는 때 및/또는 판독 과정 동안과 같이, 다른 시간에 조명되는 것이 방지된다.

[0246] 특히, 도 3에 도시되고 전술된 바와 같이, 소스 검류계 및 레이저 셔터는 CCD 셔터가 개방 및 폐쇄될 수 있는 것보다 훨씬 더 신속하게 대상(들)의 조명을 허용(예를 들어, 소스 검류계 미러의 제1 회전 각도로의 회전; 예를 들어, 레이저 셔터의 개방) 및 방지(예를 들어, 소스 검류계 미러의 제2 회전 각도로의 회전; 예를 들어, 레이저 셔터의 폐쇄)하는 상태들 사이에서 스위칭할 수 있다. 예를 들어, CCD 셔터가 개방 및 폐쇄되는 데에 대략 40 ms 소요될 수 있는 반면에, 소스 검류계 미러가 제1 회전 각도로부터 제2 회전 각도로, 또는 그 반대로 회전하는 데에는 단지 수백 마이크로초만 소요되며, 레이저 셔터는 대략 1.5 ms에 개방 및 폐쇄될 수 있다.

[0247] 도 3의 타이밍도(300)에서, 주어진 이미지가 획득되는 경우에는 판독 단계가 광역 노출 단계를 즉시 뒤따르는 것으로 도시되고, CCD 셔터는 판독 단계 동안 폐쇄되는 것으로 도시되어 있다. 광역 노출 및 판독 단계들 및 CCD 셔터 타이밍을 위한 다른 타이밍 구성들이 또한 가능하며, 여기에 설명된 동기화된 조명 접근법들은 이러한 상이한 구성들과 함께 용이하게 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시형태들에서, CCD 셔터가 폐쇄되는 기간이 판독 단계와 중첩되지 않도록, 판독 단계는 CCD 셔터가 완전히 폐쇄되면 시작될 수 있다. 도 3에 관해 전술된 예와 같이, 소스 검류계 및/또는 레이저 셔터는, 주어진 이미지가 획득될 때, 대상(들)이 광역 노출 단계 동안 조명되고, CCD 셔터가 개방 및 폐쇄되고 있는 중, 그리고 판독 단계 동안에는 조명되는 것이 방지되도록, 하나 이상의 대상(들)의 조명을 제어하기 위해 사용될 수 있다.

[0248] B.v 제어 신호

[0249] 광역 노출 단계의 시작에 맞춰 하나 이상의 대상(들)의 조명을 시작하고, 광역 노출 단계의 종료에 따라 조명을 방지하기 위하여, 소스 검류계 미러 및/또는 레이저 셔터의 회전을 동기화시키는 데에 다양한 접근법들 및 제어 신호들이 사용될 수 있다.

[0250] 일부 실시형태들에서, 도 2b에 도시된 바와 같이, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 제1 회전 각도와 제2 회전 각도 사이에서 소스 검류계 미러(202)의 회전을 자동으로 조정하기 위해 소스 검류계 제어기 모듈(230a)을 이용한다. 소스 검류계 제어기 모듈(230a)은 소스 검류계 미러(202)에 회전 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시간-변화 전압; 예를 들어, 시간-변화 전류)를 제공함으로써 소스 검류계 미러를 자동적으로 조정한다. 회전 신호가 제1 회전 신호 값을 가질 때 소스 검류계 미러(202)가 제1 회전 각도로 회전되고, 회전 신호가 제2 회전

신호 값을 가질 때 소스 검류계 미러(202)가 제2 회전 각도로 회전되도록, 회전 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)을 변화시킴으로써, 소스 검류계 미러(202)의 회전 각도가 바뀔 수 있다.

[0251] 일부 실시형태들에서, 도 4a에 도시된 예시적인 프로세스(400a)에 따라, 단계(420)에서, 소스 검류계 제어기 모듈(230a)은 CCD 카메라(220)의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호를 수신한다. 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여, 단계(430a)에서, 소스 검류계 제어기 모듈(230a)은 회전 신호의 값을 제1 회전 신호 값으로 조정하고, 이에 의해 소스 검류계 미러를 제1 회전 각도로 회전시킨다. 단계(440)에서, 소스 검류계 제어기 모듈(230a)은 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호를 수신한다. 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여, 단계(450a)에서, 소스 검류계 제어기 모듈(230a)은 회전 신호의 값을 제2 회전 신호 값으로 조정하고, 이에 의해 소스 검류계 미러를 제2 회전 각도로 회전시킨다.

[0252] 유사하게, 레이저 셔터(204)를 자동으로 개방하고 폐쇄하기 위해 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)이 사용될 수 있다. 레이저 셔터 제어기 모듈(230a)은 레이저 셔터 신호(예를 들어, 전자 신호; 예를 들어, 시간-변화 전압; 예를 들어, 시간-변화 전류)를 레이저 셔터(204)에 제공함으로써 레이저 셔터(204)를 자동으로 개방 및 폐쇄한다. 레이저 셔터 신호의 값(예를 들어, 전압 진폭; 예를 들어, 전류 진폭)을 변화시킴으로써, 레이저 셔터(204)는 자동적으로 개방 및 폐쇄될 수 있다. 예를 들어, 레이저 셔터 신호가 제1 레이저 셔터 신호 값을 가질 때, 레이저 셔터(204)가 개방되고, 레이저 셔터 신호가 제2 레이저 셔터 신호 값을 가질 때, 레이저 셔터(204)는 폐쇄된다.

[0253] 일부 실시형태들에서, 도 4b에 도시된 예시적인 프로세스(400b)에 따라, 단계(420)에서, 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 CCD 카메라(220)의 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 제1 트리거 신호를 수신한다. 제1 트리거 신호의 수신에 응답하여, 단계(430b)에서, 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 레이저 셔터 신호의 값을 제1 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여, 레이저 셔터(204)를 개방한다. 단계(440)에서, 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 광역 노출 단계의 종료를 나타내는 제2 트리거 신호를 수신한다. 제2 트리거 신호의 수신에 응답하여, 단계(450b)에서, 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 레이저 셔터 신호의 값을 제2 레이저 셔터 신호 값으로 조정하여, 레이저 셔터를 폐쇄한다.

[0254] 소스 검류계 제어기 모듈(230a) 및 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 특히, 일부 실시형태들에서, 소스 검류계 제어기 모듈(230a) 및/또는 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 마이크로컨트롤러(들)를 통해 구현된다. 일부 실시형태들에서, 소스 검류계 제어기 모듈(230a) 및/또는 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 전용 전자 회로(들)로서 구현된다. 일부 실시형태들에서, 예를 들어, 소스 검류계 미러(202)와 레이저 셔터(204) 모두가 조합되어 사용되고, 소스 검류계 제어기 모듈(230a)과 레이저 셔터 제어기 모듈(230b)은 단일 마이크로컨트롤러 또는 단일 전자 회로를 사용하여 구현된다.

[0255] 일부 실시형태들에서, 제1 및 제2 트리거 신호는 CCD 카메라에 의해 제공되는 CCD 출력 신호를 이용하여 제어기 모듈(들)(예를 들어, 소스 검류계 컨트롤러 모듈(230a) 및/또는 레이저 셔터 제어기 모듈(230b))에 제공된다. 일부 실시형태들에서, CCD 출력 신호는 전압과 같은 전자 신호이며, 이는 CCD 카메라가 있는 이미지 획득 시퀀스의 단계에 따라 변화한다. 따라서, CCD 출력 신호의 변화는 CCD 카메라가 광역 노출 단계를 시작 및/또는 종료할 때의 표시로서 사용될 수 있고, 이에 따라 소스 검류계 미러의 회전 및/또는 레이저 셔터의 상태를 제어하기 위해 사용될 수 있다. 다양한 상이한 CCD 출력 신호들이 CCD 카메라에 의해 제공될 수 있고, 예를 들어, 사용되는 CCD 카메라의 특정 유형 및 다른 설계 고려사항들에 따라, 소스 검류계 미러의 회전 및/또는 레이저 셔터의 상태를 제어하기 위해 사용될 수 있다.

[0256] 도 5는 3개의 예시적인 CCD 출력 신호들 및 이미지 획득 시퀀스 전체에 걸친 시간에서의 이들의 변화를 도시한다. 제1 예시적인 CCD 출력 신호는 셔터 출력(510)이며, 이는 CCD 셔터의 개방 및 폐쇄에 따라 변화한다. 셔터 출력(510)은 제1 레벨 [예를 들어, 저 전압(예를 들어, 디지털 0으로 해석될 수 있도록 낮은 임계치 미만)] 및 제2 레벨 [예를 들어, 고 전압(예를 들어, 디지털 1로서 해석될 수 있도록 높은 임계치 초과)] 사이에서 변화한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 셔터 출력(510)은 초기에 제1 레벨에 있고, CCD 셔터의 개방이 개시되면 제2 레벨로 상승한다. 셔터 출력은 CCD 셔터가 개방된 동안에, 그리고 CCD 셔터가 완전히 개방되고 CCD 센서 어레이가 완전히 노출되는 기간 동안에 제2 레벨에서 유지된다. 셔터 출력은 광역 노출 단계의 종료에서 CCD 셔터의 폐쇄가 시작되면 제1 레벨로 다시 떨어지고, 예를 들어, 다음 이미지를 획득하기 위해 CCD 셔터의 개방이 다시 개시될 때까지, 그대로 유지된다.

[0257] 제2 예시적인 신호는 발사(fire) 출력(530)으로서 지칭된다. 셔터 출력(510)과 같이, 발사 출력(530)은 제1 레벨 [예를 들어, 저 전압(예를 들어, 디지털 0으로 해석될 수 있도록 낮은 임계치 미만)] 및 제2 레벨 [예를 들

어, 고 전압(예를 들어, 디지털 1로서 해석될 수 있도록 높은 임계치 초과)] 사이에서 변화한다. 발사 출력(530)은 이미지 획득이 시작될 때 처음에 제1 레벨에 있고, 일단 CCD 셔터가 완전히 개방되면 제2 레벨로 상승하며, CCD 셔터가 폐쇄되기 시작하면 다시 제1 레벨로 돌아간다. 발사 출력(530)은, 예를 들어, 다음 이미지를 획득하기 위한 이미지 획득 시퀀스의 광역 노출 단계 동안 CCD 셔터가 완전히 다시 개방될 때까지 제1 레벨에서 유지된다. 따라서, 발사 출력(530)이 제2 레벨에 있을 때의 기간은 광역 노출 단계에 대응하고, 발사 출력(530)이 제2 레벨에 있는 시간의 지속기간 - 발사 펄스 지속기간(532)은, 광역 노출 시간에 대응한다.

[0258] 다양한 CCD 출력 신호가 CCD 카메라의 광역 노출 단계에 따라 변하는 방식에 따라, 소스 검류계 미러의 회전 및/또는 레이저 셔터의 개방 및 폐쇄를 자동으로 제어하기 위해 다양한 접근법이 사용될 수 있다.

[0259] 특히, 일부 실시형태들에서, CCD 출력 신호에서의 변동이 CCD 카메라가 그의 광역 노출 단계를 시작하고 종료할 때와 실질적으로 동일한 시간에(예를 들어, 동일한 시간에) 발생하는 경우, CCD 출력 신호의 적절히 스케일링된 버전이 회전 신호 및/또는 레이저 셔터 신호로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 소스 검류계 제어기 모듈에 의해 수신된 CCD 출력 신호가 발사 출력(530)이면, 소스 검류계 제어기 모듈은 회전 신호를 발사 출력(530)의 스케일링된 버전으로서 제공할 수 있으며, 여기서, 발사 출력은 제1 레벨의 발사 출력(530)이 제1 회전 신호 값과 동일하도록 스케일링되고, 발사 출력(530)의 제2 레벨은 제2 회전 신호 값과 동일하게 스케일링되도록, 스케일링된다. 유사하게, 레이저 셔터 제어기 모듈은 발사 출력(530)의 스케일링된 버전으로서 레이저 셔터 신호를 제공할 수 있으며, 여기서, 제1 레벨의 발사 출력(530)은 제1 레이저 셔터 신호 값과 동일하게 스케일링되고, 제2 레벨의 발사 출력(530)은 제2 레이저 셔터 신호 값과 동일하게 스케일링되도록, 스케일링된다. 이러한 경우에, 지연 또는 복잡한 처리가 요구되지 않고, 소스 검류계 제어기 모듈 및/또는 레이저 셔터 제어기 모듈은 최소 전용 전자 회로(예를 들어, 오로지 수동 전자 구성요소)를 사용하여 구현될 수 있지만, 마이크로컨트롤러와 같은 더 복잡한 전자 장치가 여전히 사용될 수 있다. 도 4a 및 도 4b에 관해 전술된 프로세스(400a, 400b)의 관점에서, 제1 트리거 신호는 제1 레벨에서 제2 레벨로의 발사 출력(530)의 변이에 대응하고, 제2 트리거 신호는 제2 레벨로부터 제1 레벨로의 발사 출력(530)의 변이에 대응한다.

[0260] 일부 실시형태들에서, CCD 출력 신호에서의 변동은 CCD 카메라의 광역 노출 단계의 시작 및/또는 종료보다 약간 상이한 시간에 일어난다. 예를 들어, 도 5에 도시된 셔터 출력(510)은, 광역 노출 단계의 시작 전에 CCD 셔터가 개방되기 시작하자마자, 제1 레벨로부터 제2 레벨로 변화된다. 광역 노출 단계는 알려진 시간 - 제1 레벨로부터 제2 레벨로의 셔터 출력(510)의 변화 이후의 CCD 셔터 지연 시간 후에 시작되기 때문에, 셔터 출력(510)에서의 이러한 변화는 광역 노출 단계의 시작을 나타내는 데 사용될 수 있지만, 소스 검류계 제어기 모듈 및/또는 레이저 셔터 제어기 모듈에 의해 셔터 출력(510)의 이러한 전환과 광역 노출 단계의 시작 사이의 지연이 반드시 고려되어야 한다. 예를 들어, 소스 검류계 제어기 모듈은 셔터 출력(510)을 수신할 수 있고, CCD 셔터 지연에 대응하는 기간 이후에, 제1 회전 신호 값으로부터 제2 회전 신호 값으로 회전 신호의 값을 조정할 수 있다. 이와 유사하게, 레이저 셔터 제어기 모듈은 셔터 출력(510)을 수신할 수 있고, CCD 셔터 지연에 대응하는 기간 이후에, 제1 레이저 셔터 신호 값으로부터 제2 레이저 셔터 신호 값으로 레이저 셔터 신호의 값을 조정할 수 있다. 도 4a 및 도 4b에 관해 전술된 프로세스들(400a, 400b)의 관점에서, 제1 트리거 신호는 제1 레벨로부터 제2 레벨로의 셔터 출력(510)의 변화에 대응하고, 제2 트리거 신호는 제2 레벨로부터 제1 레벨로의 셔터 출력(510)의 변화에 대응한다.

[0261] 일부 실시형태들에서, 이미지 획득 프로세스는 또한 하나 이상의 이미지들의 획득을 개시하기 위해 CCD 카메라에 이미지 획득 신호를 제공하는 단계를 포함한다. 즉, 이미지를 획득하기 위해, 이미지 획득 신호가 CCD 카메라로 전송되어 CCD 카메라로 하여금 그의 이미지 획득 시퀀스를 시작하게 한다(예를 들어, 그의 검출기 픽셀을 초기화함; 예를 들어, CCD 셔터를 개방함). 일부 실시형태들에서, 이미지 획득 신호는 주어진 이미지를 획득하기 위해 사용되는 광역 노출 단계의 지속기간을 설정하는 공칭 노출 시간을 포함한다. 공칭 노출 시간은 CCD 카메라의 실제 입력 설정에 대응하며, 그의 정의는 사용되는 특정 CCD 카메라(예를 들어, 모델 및 제조자)에 따라 달라질 수 있다. 주어진 CCD 카메라에 대해, 공칭 노출 시간은 광역 노출 시간에 대해 고정된 기능적 관계를 갖고, 따라서 특정의 원하는 광역 노출 시간에 대응하는 공칭 노출 시간이 결정될 수 있고, 특정의 원하는 광역 노출 시간을 이용하여 이미지를 획득하기 위해 CCD 카메라에 제공될 수 있다.

[0262] 예를 들어, 일부 실시형태들에서, 제1 특정 CCD 카메라에 대한 공칭 노출 시간은 CCD 셔터가 개방되기 시작할 때로부터 CCD 셔터가 폐쇄되기 시작하는 때까지의 시간으로 정의된다. 따라서, 이러한 제1 특정 CCD 카메라의 경우, 공칭 노출 시간은 광역 노출 시간 및 CCD 셔터 지연의 합에 대응한다. 다른 예에서, 제2 특정 CCD 카메라의 경우, 공칭 노출 시간은 CCD 셔터가 시간에 완전히 개방된 때로부터 CCD 셔터가 폐쇄되기 시작할 때까지의 시간으로 정의될 수 있다. 따라서, 이러한 제2 특정 CCD 카메라의 경우, 공칭 노출 시간은 광역 노출 시간과 동

일하다. 따라서, 주어진 특정 CCD 카메라에 대해, 특정의 원하는 광역 노출 시간에 대응하는 공칭 노출 시간이 쉽게 결정될 수 있고, 이미지 획득 신호를 통해 CCD 카메라에 제공될 수 있다. CCD 카메라에 제공되는 공칭 노출 시간은 상이한 길이의 광역 노출 시간을 사용하여 상이한 이미지들이 획득될 수 있도록, 매 이미지마다 변경될 수 있다. 이러한 접근법은, 예를 들어, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같은 HDR 이미징 응용예에 관련된다.

[0263] B.vi CCD 셔터가 없는 이미지 획득

[0264] 일부 실시형태들에서, 조명을 CCD 카메라의 이미징 시퀀스와 동기화하기 위한 접근법은 이미지들이 CCD 셔터를 사용하지 않고(예를 들어, CCD 셔터가 제거될 수 있거나 또는 CCD의 동작 전체에 걸쳐 완전히 개방되게 유지될 수 있음) 획득되게 한다. 위에서 설명된 바와 같이, CCD 셔터는 CCD 판독이 진행되는 열 단위 또는 행 단위 방식으로부터 기인하는 검출기 픽셀들의 국소 노출 시간에서의 차이를 제거하거나 감소시키는 데에 사용될 수 있다. CCD 셔터 지연은 대개 CCD 판독 시간보다 더 짧기 때문에, 이에 따라 CCD 셔터는 심각한 아티팩트를 도입하지 않고도 이미지를 획득하는 데에 사용될 수 있는 최소 노출 시간을 이완(relax)시킨다.

[0265] 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법들은 판독 동안 CCD 센서 어레이에 광이 도달하는 것을 방지하기 때문에, CCD 셔터가 불필요하게 렌더링된다. 특히, 일부 실시형태들에서, CCD 셔터가 제거되거나, CCD 카메라의 동작 전체에 걸쳐 CCD 셔터가 완전히 개방되게 유지될 수 있다. 이 경우에, CCD 카메라의 광역 노출 단계는 그의 광역 집적 단계와 동일한데, 이는 일단 그의 검출기 픽셀들이 초기화되고 그들의 국소 집적 단계가 시작되면 시작되고, 일단 판독이 시작되면 종료된다. 따라서, 본원에 설명된 방법들 중 임의의 방법은, 일단 광역 집적 단계가 시작되면 이미징될 하나 이상의 대상(들)에 조명을 제공하고, CCD 카메라의 판독 단계 동안 하나 이상의 대상(들)의 조명을 방지하는 데에 사용될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 이러한 접근법은 하나 이상의 대상들을 조명하기 전에 CCD 셔터가 완전하게 개방되기를 기다리고/기다리거나 하나 이상의 대상들의 조명을 방지하기 전에 CCD 셔터가 완전하게 폐쇄되기를 기다릴 필요가 없기 때문에, 더 신속한 이미징을 가능하게 한다. 즉, 광역 노출 단계와 판독 단계 사이에 지연이 존재하지 않는다.

[0266] C. 이미징 응용예

[0267] 본원에 설명된 동기화된 이미징 접근법들은 신속하고 고감도 이미지 획득이 요구되는 다양한 응용예에 적용될 수 있다. 그러한 응용예들은 이하에서 설명되는 높은 다이내믹 레인지(HDR) 및 광학 단층촬영 이미징 응용예를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0268] C.i HDR 이미징

[0269] 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 접근법들은 높은 다이내믹 레인지(HDR) 이미징을 용이하게 한다. HDR 이미징은 2개의 이미지들 모두가 센서 어레이에 의해 검출된 이미지 형성 광에서 실질적으로 동일한 공간 변화를 나타내도록, 하나 이후에 즉시 다른 하나의, 2개의 이미지들을 획득하는 단계를 포함한다. 2개의 이미지들은 HDR 이미지 세트를 형성한다. HDR 이미지 세트의 제1 이미지는 짧은 노출 이미지이고, HDR 이미지 세트의 제2 이미지는 긴 노출 이미지이다. 짧은 노출 이미지는 짧은 광역 노출 시간을 사용하여 획득된다. 일부 실시형태들에서, 짧은 광역 노출 시간은 짧은 노출 이미지가 임의의 포화된 이미지 픽셀들을 포함하지 않도록 충분히 짧다. 긴 노출 이미지는 짧은 광역 노출 시간보다 긴 광역 노출 시간을 사용하여 획득되고, 긴 노출 이미지는 포화된 이미지 픽셀들을 포함할 수 있다.

[0270] HDR 이미징은 HDR 이미지 세트가 표준 단일 획득 이미지들에 걸쳐 향상된 다이내믹 레인지를 제공하기 때문에 이점이 있다. 그러나, HDR 이미징은 획득된 이미지들의 수를 효과적으로 배가시키기 때문에, 이는 더 많은 시간이 소비될 수 있다. 따라서, 본원에 설명된 신속한 이미지 획득을 위한 시스템 및 방법은 합리적인 이미지 획득 시간들을 유지하면서 HDR 이미지 세트들에 의해 제공되는 높은 다이내믹 레인지를 이용할 기회를 제공한다.

[0271] 일부 실시형태들에서, HDR 이미징은, 각각의 조명 위치 또는 하나 이상의 조명 위치들의 세트에 대해서, 대응하는 HDR 이미지 세트가 획득되도록 조명 광의 빔에 의해 복수의 조명 위치에서 하나 이상의 대상(들)이 조명될 때 HDR 이미지 세트들이 획득되는, 광학 단층촬영 이미징 접근법에 사용될 수 있다.

[0272] HDR 이미징에 의해 제공되는 높은 다이내믹 레인지를 이용하는 성능은 형광 단층촬영 이미징에 특히 유리하다. 진술된 바와 같이, 형광 단층촬영 이미징은 복수의 조명 위치에서 이미징될 하나 이상의 대상(들)을 조명하는 단계를 포함한다. 일부 실시형태들에서, 복수의 방출(예를 들어, 형광) 이미지는 조명 위치들에서 하나 이상의 대상을 조명하는 결과로서 하나 이상의 대상으로부터 방출된 형광 광을 검출함으로써 얻어진다. 복수의 조명 위치들에서의 조명 이후에 하나 이상의 대상을 통해 투과되거나(예를 들어, 트랜스-조명 기하학적 형태로) 그에

의해 반사되는 검출된 여기 광에 대응하는 여기 광 이미지들이 또한 획득될 수 있다.

[0273] 생물학적 조직에서 광 전달의 산란 또는 확산 특성으로 인해, 이미징될 대상(들) 내에서 여기 및 방출 광자들이 전파되는 경로 길이의 범위는 광범위한 길이(수 밀리미터 내지 수 센티미터)에 걸쳐 변할 수 있다. 따라서, 동물 상에서 검출가능한 여기 및 형광 신호들의 강도 범위는 폭넓을 수 있다. 여기 및 형광 신호들의 검출 및 이미징의 다이내믹 레인지를 향상시키는 것은, 검출된 광의 결과적인 폭넓은 강도 변화를 나타내기 위해 획득된 이미지에서 사용될 수 있는 데이터 포인트들의 개수를 증가시킨다. 이는, 이어서, 검출된 광의 더 정확한 표현을 제공하고, 이러한 획득된 이미지들을 사용하는 단층촬영 복원을 향상시킨다. 따라서, 최근 수년간, HDR 이미징은 CMOS 기반 센서들 또는 카메라들에서 인기가 있어왔다. 그러나 CCD 카메라를 이용하여 HDR 이미징을 수행하는 것은, CCD 카메라로 획득된 HDR 영상의 품질을 저하시키는 블루밍(blooming) 아티팩트를 종종 야기한다.

[0274] 이미징 검출기의 다이내믹 레인지는, 단일 획득된 이미지 내에서 가장 높은 검출가능한 신호 레벨(포화 레벨) 및 최소의 검출가능한 신호 레벨(플로어 레벨)의 비율에 대응한다. 대개, 이러한 비율은 원시 신호의 밑이 2인 로그(log2)를 취하여 다수의 비트로 변환되고 표현된다(예를 들어, 16000의 다이내믹 레인지 비율은 $13.97 = \log_2(16000)$ 비트와 동등함). CCD에서, 최고 및 최소의 검출가능한 신호 레벨들은 여러 인자에 의해 결정된다. 포화 레벨은 CCD 이미지 센서 및 판독 회로의 웰 용량(well capacity), 출력 노드 용량, 및 A/D 디지털화(digitization)의 상한에 의해 결정된다. 플로어 레벨은 이미지 센서의 노이즈 플로어, 및 CCD 카메라의 A/D 디지털화의 하한에 의해 결정된다.

[0275] 전술한 바와 같이, 검출기 픽셀들은 그들의 표면을 조명하는 광에 응답하여 전하를 축적한다. CCD 카메라의 특정 검출기 픽셀 또는 검출기 픽셀 그룹에 의해 획득된 신호는 전자의 단위(e^-)로 축적된 전하량으로 정량화될 수 있다. 특정 검출기 픽셀에 의해 획득된 신호는 또한, 디지털 단위(DN)로 표현될 수 있는데, 디지털 단위(DN)는, 축적된 전하의 판독과 축적된 전하의 A/D 변환 및 디지털화의 수행으로써 획득되는 디지털 신호에 대응한다. 전자 단위 및 디지털 단위(DN) 간의 변환 인자는 CCD 이득에 따라 달라진다. CCD 이득(gain)은 CCD가 작동하는 모드에 기초하여 바뀔 수 있다. 예를 들어, CCD 카메라는 고-이득 모드 또는 저-이득 모드로 작동될 수 있다.

[0276] CCD 카메라에서의 포화는 CCD 카메라의 (i) 총(full) 웰 용량, (ii) 출력 노드 용량, 또는 (iii) A/D 디지털화 상한 중 어느 하나가 초과되는 경우에 발생할 수 있다. CCD 카메라의 전체 웰 용량은 그것의 검출기 픽셀들의 총 웰 용량(즉, 전하를 축적하기 위한 CCD 카메라의 개별적인 물리적 검출기 픽셀의 총 용량(예를 들어, CCD의 각각의 검출기 픽셀은 동일한 총 웰 용량을 가짐))을 지칭할 수 있다. CCD 카메라의 총 웰 용량은 그것의 검출기 픽셀들의 크기에 부분적으로 의존한다. 예를 들어, CCD 카메라의 대개의 총 웰 용량은 100K e^- 이다. 총 축적된 전하가 CCD 카메라의 검출기 픽셀들의 총 웰 용량을 초과하는 경우 포화가 발생한다.

[0277] 일부 실시형태들에서, CCD 카메라의 총 웰 용량을 증가시키기 위해 온-칩 비닝(on-chip binning)이 CCD 카메라와 함께 사용될 수 있다. CCD 에서의 온-칩 비닝은 획득된 이미지의 각각의 이미지 픽셀이 단일 검출기 픽셀 대신에 비닝된 검출기 픽셀들의 그룹에 대응하도록, 검출기 픽셀들을 더 큰 비닝된 픽셀들로 결합한다(예를 들어, 인접한 검출기 픽셀들의 2×2 어레이; 예를 들어, 인접한 검출기 픽셀들의 4×4 어레이). 비닝된 검출기 픽셀들의 그룹들은 더 큰 총 웰 용량을 제공한다(예를 들어, 비닝된 검출기 픽셀들의 개수 및 개별 검출기 픽셀의 총 웰 용량의 곱에 대응함). 따라서, 온-칩 비닝은 총 웰 용량을 증가시키고, 이미지 공간 해상도를 희생함으로써 포화 전에 전하가 더 크게 축적되게 한다. 예를 들어, 측정된(rated) 100K e^- 총 웰 용량을 갖는 $2K \times 2K$ 픽셀 CCD 상에서 2×2 비닝이 사용되는 경우, 획득된 이미지는 400K e^- 의 총 웰 용량을 갖는 $1K \times 1K$ 크기일 것이다.

[0278] CCD 카메라의 출력 노드 용량 또한 포화 레벨에 영향을 미친다. 출력 노드 용량은 센서 어레이의 검출기 픽셀들로부터 축적된 전하를 판독하기 위해 사용되는 전자 노드들 또는 오프-칩 저장장치의 총 용량을 지칭할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 출력 노드는 온-칩 비닝이 사용되지 않을 때 CCD의 총 웰 용량보다 높은 용량을 갖는다(예를 들어, 비닝되지 않은(un-binned) 총 웰 용량). 높은 온-칩 비닝 레벨들(예를 들어, 4×4 비닝)에서, 출력 노드 용량은 총 웰 용량보다 더 낮을 수 있다. 총 웰 용량과 마찬가지로, 획득된 이미지에 축적된 전하의 양이 출력 노드 용량을 초과하면, 포화가 발생한다.

[0279] CCD에서의 판독의 직렬 특성으로 인해, 총 웰 용량 또는 출력 노드 용량 중 어느 하나를 초과하는 축적된 전하의 결과로서 발생하는 포화는, 획득된 이미지 내의 수직 줄무늬의 형태를 종종 취하는 블루밍 아티팩트를 생성할 것이다. 포화의 결과로서 발생하는 블루밍 아티팩트들에 대한 가능성은 CMOS 이미지 및 CCD 카메라 사이의 큰 차이이다. 결과적으로, HDR 이미지 세트의 긴 노출 이미지에서 블루밍 아티팩트가 반드시 회피되어야 하기

때문에, CCD에서 HDR 이미징을 수행하는 것은 중요하고, CMOS 이미지를 이용하는 것보다 더 어렵다.

[0280] 획득된 이미지에 축적된 전하가 CCD 카메라의 A/D 디지털화 상한을 초과하는 경우에도 포화가 발생할 수 있다. A/D 디지털화의 상한 및 하한은 CCD 카메라의 이득 설정 및 CCD 카메라에 의해 허용되는 총 디지털화 비트에 기초하여 결정된다. CCD 카메라의 이득 설정은 디지털 단위 당 전자의 개수(예를 들어, e^- /디지털 단위, 예를 들어, e^-/DN)로서 표시될 수 있다. 특정 CCD 카메라에 의해 허용되는 총 디지털화 비트는 카메라마다 다르다. 예를 들어, 14-비트, 16-비트, 및 32-비트 CCD 카메라와 같은 다양한 CCD들이 사용될 수 있다.

[0281] 예를 들어, 16-비트 카메라에서, 획득된 이미지의 0이 아닌 디지털 픽셀 값은 1 내지 $65535(2^{16})$ 의 범위 밖에 있을 수 없다. 다양한 검출기 픽셀들에 의해 축적된 전하의 양, 및 CCD 카메라의 이득 설정에 따라, 특정 검출기 픽셀들에 의해 축적된 전하의 양은 이러한 범위 밖의 디지털화된 신호 레벨에 대응할 수 있다. 따라서, 이러한 픽셀들은 포화된다. 예를 들어, $2 e^-/DN$ 의 이득 설정의 경우, 131070 e^- 를 상회하거나 $2 e^-$ 를 하회하는 임의의 전하 관독은 디지털화 범위를 벗어나 다이내믹 레인지 밖에 있을 것이다. 그러나, 특히, A/D 디지털화 상한을 초과함으로써 이러한 방식으로 발생하는 포화는 블루밍 아티팩트를 생성한다. 따라서, 축적된 전하가 A/D 디지털화 상한을 초과하지만, CCD 카메라의 출력 노드 및 총 웰 용량을 하회하는 경우, 블루밍 아티팩트를 야기하지 않고 포화가 발생할 것이다.

[0282] 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 HDR 이미지 세트들의 긴 노출 이미지들에서의 포화가 (i) CCD의 총 웰 용량 및 (ii) CCD의 출력 노드 용량 중 어느 하나를 초과하는 축적된 전하의 양으로부터가 아니라, A/D 디지털화로부터 기인하도록 HDR 이미지 획득 설정들, 특히, 온-칩 비닝이 조정되는, HDR 이미징 접근법을 사용하는 단계를 포함한다. 즉, 위에서 설명된 바와 같이, CCD 카메라에 대해 3개의 포화 한계가 존재한다. 첫째, CCD 카메라의 총 웰 용량 포화 한계는 CCD 카메라의 총 웰 용량뿐만 아니라 온-칩 비닝 설정에 의해 결정된다. 둘째, 출력 노드 용량 포화 한계는 CCD 카메라의 출력 노드 용량에 의해 결정된다. 셋째, A/D 디지털화 포화 한계는 전술한 바와 같이, 이득 설정뿐만 아니라 CCD 카메라에 대한 A/D 디지털화 상한에 의해 결정된다. 포화가 총 웰 용량 포화 한계 또는 출력 노드 용량 포화 한계로부터가 아니라 A/D 디지털화 포화 한계를 초과하는 것으로부터 기인하도록 CCD 이미지 획득 설정이 조정되는 경우, 블루밍 아티팩트가 회피되고, CCD 카메라를 이용하여 아티팩트 없는 HDR 이미징이 달성될 수 있다.

[0283] 도 8은 CCD 카메라를 이용하여 HDR 이미징을 수행할 때 블루밍 아티팩트를 회피하기 위한 예시적인 프로세스(800)를 도시한다. 이미징될 하나 이상의 대상(들)은 하나 이상의 조명 위치(들)에서 조명된다(810). 하나 이상의 HDR 이미지 세트(들)는 하나 이상의 조명 위치(들)에서의 조명의 결과로서 하나 이상의 대상(들)으로부터 방출된 광을 검출함으로써 획득된다. 이러한 HDR 이미지 세트(들)는 형광 이미지들과 같은 방출 이미지들의 세트들에 대응한다. HDR 이미지 세트들은 또한 하나 이상의 조명 위치(들)에서 조명 후에 하나 이상의 대상을 통해 투과되거나 이에 의해 반사되는 조명 광을 검출함으로써 획득될 수 있다. 예를 들어, 형광 광학 단층촬영 이미징 응용예에서, 하나 이상의 대상으로부터의 형광을 여기시키기 위해 사용되는 여기 광은 종종, 방출된 형광 광을 검출함으로써 획득되는 여기 이미지들뿐만 아니라, 여기 이미지들을 획득하기 위해 종종 검출된다. 각각의 HDR 이미지 세트는 짧은 노출 이미지(820a) 및 긴 노출 이미지(820b)를 획득함으로써 획득된다(820). 전술한 바와 같이, 긴 노출 이미지는, 조정된 온-칩 비닝 레벨에 기초한 총 웰 용량 포화 한계가 A/D 디지털화 포화 한계를 초과하도록 CCD 카메라에 대한 온-칩 비닝을 조정함으로써 획득된다(820b). 이러한 방식으로, 긴 노출 이미지에서의 블루밍 아티팩트는, 총 웰 용량 포화 한계가 아니라(예를 들어, 또한 CCD 카메라의 출력 노드 용량 포화 한계를 초과하지 않고), A/D 디지털화 포화 한계를 초과하기에 충분히 길게 CCD 검출기 픽셀들을 노출시킴으로써 포화된 이미지 픽셀들을 선택적으로 포화시킴으로써 회피된다.

[0284] HDR 이미지 세트를 형성하기 위해 긴 노출 이미지 및 짧은 노출 이미지를 획득하기 위한 이러한 접근법은 필요한 만큼 많은 HDR 이미지 세트들에 대해 반복될 수 있다(830). 이러한 방식으로 하나 이상의 HDR 이미지 세트(들)가 획득될 수 있다(840). HDR 이미지 세트들이 획득되면, HDR 이미지 세트들은 3D 단층촬영 복원을 생성하는데 사용하기 위한 것과 같이 디스플레이 및/또는 추가적인 프로세싱을 위해 저장 및/또는 액세스될 수 있다(850).

[0285] C.ii 광학 단층촬영 이미징

[0286] 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 작은 동물의 광학 단층촬영을 용이하게 하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 대상(들)(예를 들어, 피험체(들)); 예를 들어, 작은 동물)의 조명을 CCD 카메라의 광학 노출 단계와 동기화시키기 위한 접근법은, 단층촬영 이미지들을 획득하기 위해 단층촬영 복원 기술에 사용되는 다수의 이미지들이 획득될 수 있는 속도를 증가시키는 데에 사용될 수 있다. 예를 들어, 형광 광학 단

충촬영 응용예에서, 하나 이상의 대상(들)은 복수의 조명 위치들에서 조명되고, 각각의 조명 위치에 대해, 대응하는 방출 이미지, 및 선택적으로는, 대응하는 여기 이미지가 본원에 설명된 접근법을 사용하여 획득될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 시스템 및 방법은 미국 특허출원 제15/654,442호의 검류계 광학 스캐닝 접근법과 조합하여 사용되고, 도 1 및 도 2에 관해 위에서 설명된다. 검류계 광학 스캐닝 접근법에서, 일부 실시형태들에서, 방출 이미지 및 선택적으로, 여기 이미지들은, 검류계 광학 스캐너가 여기 광의 빔을 지향시키는 스캔 영역(116) 내의 각각의 여기 위치에 대해 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법들을 이용하여 획득될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 전술한 바와 같이, 그리고 미국 특허출원 제15/654,442호에 상세히 설명된 바와 같이, 다중화된 접근법이 사용되는 경우, 방출 이미지 및 선택적으로 여기 이미지들은 검류계 광학 스캐너가 여기 광의 빔을 지향시키는 각각의 여기 위치들의 세트에 대해 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법을 사용하여 획득될 수 있다.

[0287] 본원에 설명된 시스템 및 방법에 의해 제공되는 신속한 이미지 획득 성능은, 예를 들어, 다수의 작은 동물을 이미징하기 위해 넓은 시야를 통한 이미징에 특히 관련된다. 넓은 시야를 통한 이미징은 적절한 해상도로 전체 시야의 이미지를 획득할 수 있는 대형 포맷 CCD 카메라들의 사용을 필요로 한다. 예를 들어, 일부 실시형태들에서, CCD 카메라의 시야는 제1 치수 및/또는 제2치수를 따라 100 mm 이상(예를 들면, 100 내지 200 mm)이다. 일부 실시형태들에서, 이러한 넓은 시야들을 이미징하기 위해 사용되는 대형 포맷 CCD 카메라들은 적어도 256×256 개의 검출기 픽셀들을 포함하고, 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1/2인치 이상을 측정하는 센서 어레이들을 갖는다. 일부 실시형태들에서, 1000×1000 (1K $\times$ 1K)개의 검출기 픽셀들을 갖는 CCD 카메라들이 사용된다. 일부 실시형태들에서, 2000×2000 (2K $\times$ 2K)개의 검출기 픽셀들을 갖는 CCD 카메라들이 사용된다. 일부 실시형태들에서, 센서 어레이들을 갖는 CCD 카메라들은 제1 치수 및/또는 제2 치수를 따라 1인치 이상으로 측정된다.

[0288] 이러한 대형 포맷 CCD 카메라들의 경우, 큰 센서 어레이 크기 및 그것이 포함하는 검출기 픽셀들의 개수로 인해, 셔터 지연 및 판독 시간들이 중요하다. 따라서, 본원에 설명된 시스템 및 방법에 의해 제공되는 CCD 셔터 지연 및 판독 시간에 의해 부과되는 최소의 광역 노출 시간에 대한 제한을 극복하는 성능이 중요하다. 예를 들어, 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 접근법들은 단층촬영 스캔의 각각의 이미지가 수십 밀리초 이내에 획득되게 한다. 일부 실시형태들에서, 이하의 예들에 도시된 바와 같이, 단층촬영 스캔에서 100개 이상의 이미지들(예를 들어, 50개의 방출 이미지들 및 50개의 여기 이미지들)이 획득되고, 이들 중 적어도 일부는 200 ms 이하의 시간(예를 들어, 150 ms 이하; 예를 들어, 120 ms 이하)에서 획득된다.

[0289] 도 9는 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법을 사용하여 CCD 카메라로 형광 광학 단층촬영을 수행하기 위한 예시적인 프로세스(900)를 도시한다. 이미징될 하나 이상의 대상(들)은 (예를 들어, 하나 이상의 대상(들)의 표면 내에서의, 또는 표면에서의) 여기 형광을 위해 여기 광으로 복수의 조명 위치들에서 조명된다(910). 본원에 설명된 CCD 카메라 및 동기화된 조명 접근법들을 사용하여 하나 이상의 대상들로부터 방출된 형광 광을 검출함으로써 복수의 방출 이미지들이 획득된다(920). 위에서 설명된 바와 같이, 각각의 방출 이미지는, 특정 조명 위치 또는 다수의 조명 위치들의 특정 세트(예를 들어, 전술한 멀티플렉싱된 접근법에서와 같음)에 대응하고, 대응하는 특정 조명 또는 조명 위치들의 세트에서의 조명의 결과로서 하나 이상의 대상(들)로부터 방출된 형광 광을 검출함으로써 얻어진다. 일부 실시형태들에서, 각각의 특정 조명 위치 또는 조명 위치들의 세트에 대한 여기 이미지들은 또한 하나 이상의 대상들을 통해 투과되거나(예를 들어, 트랜스-조명 기하구조에서와 같이) 또는 그에 의해 반사되는(예를 들어, 에피-조명 기하구조에서와 같이) 여기 광을 검출함으로써 획득된다. 복수의 획득된 이미지들(예를 들어, 방출 이미지들 및 선택적으로, 여기 이미지들)에 대응하는 데이터는 컴퓨팅 장치(930)의 프로세서에 의해 수신 및/또는 액세스되고, 하나 이상의 대상(들)(940)의 하나 이상의 3D 단층촬영 이미지들을 생성하는 데에 사용된다.

[0290] C.iii 다른 이미징 응용예

[0291] 일부 실시형태들에서, 본원에 설명된 조명 동기화 접근법들은 신속한 CCD 기반 이미징을 달성하기 위해 광의 조명원이 CCD 카메라의 광역 노출 단계와 동기화될 수 있는 임의의 응용에서 일반적으로, 다양한 다른 이미징 응용들에서 사용될 수 있다. 그러한 응용예들은 현미경법, 분광법 등을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 본원에 설명된 접근법들은, 신속한 이미지 획득이 중요한, 작은 동물의 생체내 이미징과 같은 생물학적 이미징 응용에 특히 관련된다.

[0292] D. 실시예

[0293] 실시예 1, 2, 및 3은 3마리의 마우스 위의 복수의 위치들을 조명하기 위해서 여기 광의 빔을 신속하게 스캔하도

록 검류계 광학 스캐너를 사용하는 광학 시스템을 사용하는, 상기 3마리의 마우스의 형광 광학 단층촬영에 대한 이미징 속도의 예시적인 분석을 제공하는 계산 예들이다. 전술된 바와 같이, 검류계 광학 스캐너 기반 접근법은 미국 특허출원 제15/654,442호에 상세히 설명된다. 실시예들은 단층촬영 복원을 통해 단층촬영 이미지들을 생성하는데 사용되는 형광 이미지들 및 여기 이미지들을 획득하는데 필요한 시간을 포함하는, 3마리 마우스의 단층촬영 이미지들을 얻는 데에 필요한 총 시간을 계산한다. 단층촬영 복원 프로세스의 계산 시간은 분석으로부터 배제된다. 계산 분석은 실시예의 (실제의) CCD 카메라 및 sCMOS 카메라의 파라미터들을 사용하여 수행된다. 실시예 1 및 2는 상기 설명된 CCD 셔터 지연 및 판독 시간 한계에 의해 결정되는 CCD 카메라에 대한 광역 노출 시간을 사용하여 CCD 카메라 및 sCMOS 카메라에 대한 단층촬영 이미징 속도를 비교한다. 따라서, 이 실시예들은 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법들을 구현하지 않는 시스템들에 대응한다. 실시예 3은 전술한 셔터 지연 및 판독 시간 제한들 미만의 광역 노출 시간들을 사용하는 2개의 CCD 카메라들에 대한 단층촬영 이미징 속도들을 비교하며, 이에 따라 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법들을 이용하는 시스템들을 나타낸다.

[0294] 실시예 4는 위의 섹션 C.i에서 설명된 바와 같이, CCD 카메라를 이용하여 블루밍 아티팩트(blooming artifacts)를 회피하기 위한 HDR 이미징 접근법을 설명한다.

[0295] 실시예 1

[0296] 실시예 1은 (i) iKon-LR 대형 포맷 CCD 카메라 및 (ii) Zyla 5.5 sCMOS 카메라를 사용하여 3마리 마우스의 단층촬영 이미지를 획득하는데 필요한 시간들을 비교하는 계산 모델이다. 계산 분석은 각각의 마우스가 약 300 마이크로미터(μm)의 대상-레인(object-lane) 해상도로 50개의 지점들에서 스캔되는 것으로 가정된다. CCD 광역 노출 시간은, 40 ms인 CCD 셔터 지연에 의해 제한된다. 따라서, CCD 카메라에 대해 400 ms의 광역 노출 시간이 사용된다. CCD 판독의 속도는 5 MHz이다. 계산은 HDR 이미징이 필요한 것으로 가정된다. sCMOS 카메라의 경우, 300 ms 및 30 ms의 광역 노출 시간이 각각, 긴 지속기간 및 짧은 지속기간 HDR 이미지에 사용된다.

[0297] 표 1은 계산 모델의 결과를 나타낸다. 표 1은 3마리 마우스의 단층촬영 이미지를 얻기 위한 총 시간이, CCD 카메라의 경우 약 194 s이고, sCMOS 카메라의 경우 약 71 s인 것을 나타낸다. 이러한 이미징 속도의 차이는 셔터 지연 한계에 기인하는, CCD 카메라에 의해 사용되는 긴 광역 노출 시간(약 400 ms)으로부터 초래된다(예를 들어, CCD의 광역 노출 시간이 셔터 지연 시간의 10배임).

표 1

표 1: 실시예 1에 대한 계산 모델 결과

CCD – iKon-LR			sCMOS – Zyla 5.5		
설명	시간	단위	설명	시간	단위
3 마리의 마우스를 로드	20	초	3 마리의 마우스를 로드	20	초
이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(셀프, 렌즈, F/#, Em 필터), 광을 스위칭 온	5	초	이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(셀프, 렌즈, F/#, Em 필터), 광을 스위칭 온	5	초
백색광 이미지를 포착, 판독이 포함됨	1.00	초	백색광 이미지를 포착, 판독이 포함됨	1.00	초
스캔 지점 계산 - 미리 보정된 데이터베이스	3	초	스캔 지점 계산 - 미리 보정된 데이터베이스	3	초
ROI 선택(사용자에 종속됨, 중요하지 않음)			ROI 선택(사용자에 종속됨, 중요하지 않음)		
Em 이미징을 위한 이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(Em 휠, F/#), 레이저 온	3	초	Em 이미징을 위한 이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(Em 휠, F/#), 레이저 온	3	초
Em 이미지들			Em 이미지들		
마우스당 지점 개수 추정	50		마우스당 지점 개수 추정	50	
마우스당 노출 시간 추정	0.133	초	마우스당 노출 시간 추정	0.110	초
3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.40	초	3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	초
서터 지연(시작 및 종료)	0.04	초			
이미지당 판독 지연...(비닝 내포, CCD 또는 CMOS)	0.27		이미지당 판독 지연...(비닝 내포, CCD 또는 CMOS)	0.03	초
자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인	자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인
총 Em 시간	42.6	초	총 Em 시간	23.8	초
Ex 이미징을 위한 이미징 Ept 모터 위치를 설정(Ex 휠, F/#), 레이저 출력	3	초	Ex 이미징을 위한 이미징 Ept 모터 위치를 설정(Ex 휠, F/#), 레이저 출력	3	초
Ex 이미지들			Ex 이미지들		
마우스당 지점 개수 추정?	50		마우스당 지점 개수 추정?	50	
마우스당 노출 시간 추정	0.133	초	마우스당 노출 시간 추정	0.110	초
3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.40	초	3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	

[0298]

이미지당 판독 지연	0.27	초	이미지당 판독 지연	0.03	
셔터 지연	0.04	초			
자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인	자동 노출 방법?(지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인
총 Ex 시간	42.6		총 Ex 시간	23.8	
HDR 고려사항	85.3				
표면 스캔 Ept를 설정	5	초	표면 스캔 Ept를 설정	5	초
표면 스캔(기준으로 사용된 스펙트럼)	3	초	표면 스캔(기준으로 사용된 스펙트럼)	3	초
데이터 처리(팩트 이후에 또는 w 스캔 발생)	0		데이터 처리(팩트 이후에 또는 w 스캔 발생)	0	
출력 이미지(동물 핸들링 없음)	194	초	출력 이미지(동물 핸들링 없음)	71	초

실시예 2

실시예 2는 (i) SophiaB 대형 포맷 CCD 카메라 및 (ii) Zyla 5.5 sCMOS 카메라를 사용하여 3마리의 마우스의 단층촬영 이미지를 획득하는 데에 필요한 시간을 비교하는 계산 모델이다. 실시예 1에서와 같이, 계산 분석은 각각의 마우스가 약 300 마이크로(μm)의 대상-레인(object-lane) 해상도로 50개의 지점들에서 스캔되는 것으로 가정된다. SophiaB CCD는 (실시예 1의 iKon-LR CCD 카메라의 경우 5 MHz와 비교하여) 상대적으로 빠른 판독(16 MHz)을 제공하는 CCD 카메라이다. 그럼에도 불구하고, SophiaB CCD 카메라는 여전히 비-동시적으로 판독을 수행하고, CCD 셔터를 사용한다. 따라서, 실시예 2의 CCD 카메라는 400 ms의 비교적 긴 광역 노출 시간을 여전히 사용하며, 이는 CCD 셔터 지연 한계에 의해 요구되는 바와 같이, 자신의 CCD 셔터 지연 시간(40 ms)보다 10배 더 길다. 실시예 1에서와 같이, 계산은 HDR 이미징이 필요한 것으로 가정된다. sCMOS 카메라의 경우, 300 ms 및 30 ms의 광역 노출 시간이 각각, 긴 지속기간 및 짧은 지속기간 HDR 이미지에 사용된다.

표 2는 계산 모델의 결과를 나타낸다. 표 2는 3마리 마우스의 단층촬영 이미지를 얻기 위한 총 시간이, CCD 카메라의 경우 약 139 s이고, sCMOS 카메라의 경우 약 71 s인 것을 나타낸다. 본 실시예는, 짧은 판독 단계를 갖는 CCD 카메라에도 불구하고, CCD 카메라에 의해 사용되는 긴 광역 노출 시간(약 400 ms)으로부터 초래되는 이미징 속도에 대한 제한이 상당하며, CCD 카메라를 이용한 이미징은 sCMOS 카메라를 사용하는 경우에 비해 대략 2배가 걸린다는 것을 보여준다.

표 2

표 2: 실시예 2에 대한 계산 모델 결과

CCD – Sophia B			sCMOS – Zyla 5.5		
설명	시간	단위	설명	시간	단위
3 마리의 마우스를 로드	20	초	3 마리의 마우스를 로드	20	초
이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(셀프, 렌즈, F/#, Em 필터), 광을 스위칭 온	5	초	이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(셀프, 렌즈, F/#, Em 필터), 광을 스위칭 온	5	초
백색광 이미지를 포착, 판독이 포함됨	1.00	초	백색광 이미지를 포착, 판독이 포함됨	1.00	초
스캔 지점 계산 - 미리 보정된 데이터베이스	3	초	스캔 지점 계산 - 미리 보정된 데이터베이스	3	초
ROI 선택(사용자에 종속됨, 중요하지 않음)			ROI 선택(사용자에 종속됨, 중요하지 않음)		
Em 이미징을 위한 이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(Em 휠, F/#), 레이저 온	3	초	Em 이미징을 위한 이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(Em 휠, F/#), 레이저 온	3	초
Em 이미지들			Em 이미지들		
마우스당 지점 개수 추정	50		마우스당 지점 개수 추정	50	
마우스당 노출 시간 추정	0.133	초	마우스당 노출 시간 추정	0.110	초
3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.40	초	3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	초
셔터 지연(시작 및 종료)	0.04	초			
이미지당 판독 지연...(비닝 내포, CCD 또는 CMOS)	0.05		이미지당 판독 지연...(비닝 내포, CCD 또는 CMOS)	0.03	초
자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인	자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인
총 Em 시간	29.1	초	총 Em 시간	23.8	초
Ex 이미징을 위한 이미징 Ept 모터 위치를 설정(Ex 휠, F/#), 레이저 출력	3	초	Ex 이미징을 위한 이미징 Ept 모터 위치를 설정(Ex 휠, F/#), 레이저 출력	3	초
Ex 이미지들			Ex 이미지들		
마우스당 지점 개수 추정?	50		마우스당 지점 개수 추정?	50	
마우스당 노출 시간 추정	0.133	초	마우스당 노출 시간 추정	0.110	초
3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.40	초	3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	

[0303]

이미지당 판독 지연	0.05	초	이미지당 판독 지연	0.03	
서터 지연	0.04	초			
자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인	자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인
총 Ex 시간	29.1		총 Ex 시간	23.8	
HDR 고려사항	58.2				
표면 스캔 Ept 를 설정	5	초	표면 스캔 Ept 를 설정	5	초
표면 스캔(기준으로 사용된 스펙트럼)	3	초	표면 스캔(기준으로 사용된 스펙트럼)	3	초
데이터 처리(팩트 이후에 또는 w 스캔 발생)	0		데이터 처리(팩트 이후에 또는 w 스캔 발생)	0	
출력 이미지(동물 핸들링 없음)	139	초	출력 이미지(동물 핸들링 없음)	71	초

[0304]

[0305]

실시예 3

[0306]

실시예 3은 실시예 1 및 2의 2개의 CCD 카메라를 사용하여 3마리의 마우스의 단층촬영 이미지를 획득하는 데에 필요한 시간을 비교하는 계산 모델이지만, 본원에 설명된 동기화된 조명 접근법을 사용하여 달성될 수 있는 바와 같이, 30 ms 만큼 낮은 광역 노출 시간을 갖는다. 2개의 CCD 카메라들은 (i) SophiaB 대형 포맷 CCD 카메라 및 (ii) iKon-LR CCD 카메라이다. 실시예 1 및 2에서와 같이, 계산 분석은 각각의 마우스가 약 300 마이크로(μ m)의 대상-레인(object-lane) 해상도로 50개의 지점들에서 스캔되는 것으로 가정된다. SophiaB CCD의 판독 속도는 실시예 2에서와 같이 16 MHz이고, 실시예 1에서와 같이, iKon-LR CCD 카메라의 판독 속도는 5 MHz이다. 실시예 1 및 2에서와 같이, 계산은 HDR 이미징이 필요한 것으로 가정된다. 따라서, 300 ms 및 30 ms의 광역 노출 시간이 긴 지속기간 및 짧은 지속기간 HDR 이미지에 각각 사용된다.

[0307]

표 3은 계산 모델의 결과를 나타낸다. 표 3은 3마리 마우스의 단층촬영 이미지를 얻기 위한 총 시간이, SophiaB CCD 카메라의 경우 약 83 s이고, iKon-LR 카메라의 경우 약 137 s인 것을 나타낸다. 본 실시예는 이미징 속도에서의 상당한 개선들이 본원에서 설명되는 시스템들 및 방법들에 의해 제공된 짧은 광역 노출 시간들을 사용하여 얻어질 수 있다는 것을 보여준다.

표 3

표 3: 실시예 3에 대한 계산 모델 결과

<u>Sophia B</u>			<u>iKon-LR</u>		
설명	시간	단위	설명	시간	단위
3 마리의 마우스를 로드	20	초	3 마리의 마우스를 로드	20	초
이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(셀프, 렌즈, F/#, Em 필터), 광을 스위칭 온	5	초	이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(셀프, 렌즈, F/#, Em 필터), 광을 스위칭 온	5	초
백색광 이미지를 포착, 판독이 포함됨	1.00	초	백색광 이미지를 포착, 판독이 포함됨	1.00	초
스캔 지점 계산 - 미리 보정된 데이터베이스	3	초	스캔 지점 계산 - 미리 보정된 데이터베이스	3	초
ROI 선택(사용자에 종속됨, 중요하지 않음)			ROI 선택(사용자에 종속됨, 중요하지 않음)		
Em 이미징을 위한 이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(Em 휠, F/#), 레이저 온	3	초	Em 이미징을 위한 이미징 Eqpt 모터 위치를 설정(Em 휠, F/#), 레이저 온	3	초
Em 이미지들			Em 이미지들		
마우스당 지점 개수 추정	50		마우스당 지점 개수 추정	50	
마우스당 노출 시간 추정	0.110	초	마우스당 노출 시간 추정	0.110	초
3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	초	3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	초
셔터 지연(시작 및 종료)	0.04	초	셔터 지연(시작 및 종료)	0.04	
이미지당 판독 지연...(비닝 내포, CCD 또는 CMOS)	0.05		이미지당 판독 지연...(비닝 내포, CCD 또는 CMOS)	0.27	초
자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인	자동 노출 방법? (지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인
총 Em 시간	30.0	초	총 Em 시간	57.1	초
Ex 이미징을 위한 이미징 Ept 모터 위치를 설정(Ex 휠, F/#), 레이저 출력	3	초	Ex 이미징을 위한 이미징 Ept 모터 위치를 설정(Ex 휠, F/#), 레이저 출력	3	초
Ex 이미지들			Ex 이미지들		
마우스당 지점 개수 추정?	50		마우스당 지점 개수 추정?	50	
마우스당 노출 시간 추정	0.110	초	마우스당 노출 시간 추정	0.110	초
3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	초	3 마리의 마우스당 노출 시간 추정(단일 이미지)	0.33	

[0308]

이미지당 판독 지연	0.05	초	이미지당 판독 지연	0.27	
셔터 지연	0.04	초	셔터 지연	0.04	
자동 노출 방법?(지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인	자동 노출 방법?(지점마다 몇번의 노출 시간들이 요구되는가?)	1.2	x 요인
총 Ex 시간	30.0		총 Ex 시간	57.1	
HDR 고려사항			HDR 고려사항		
표면 스캔 Ept 를 설정	5	초	표면 스캔 Ept 를 설정	5	초
표면 스캔(기준으로 사용된 스펙트럼)	3	초	표면 스캔(기준으로 사용된 스펙트럼)	3	초
데이터 처리(팩트 이후에 또는 w 스캔 발생)	0		데이터 처리(팩트 이후에 또는 w 스캔 발생)	0	
출력 이미지(동물 핸들링 없음)	83	초	출력 이미지(동물 핸들링 없음)	137	초

실시예 4

실시예 4는 HDR 이미징에서 다이내믹 레인지를 개선하도록 조정될 수 있고 CCD HDR 이미징에서의 블루밍 아티팩트(blooming artifact)를 회피하기 위해 본원에 설명된 HDR 이미징 접근법에 따라 사용될 수 있는 다양한 CCD 카메라 설정들을 나타낸다. 실시예 4는 또한 블루밍 아티팩트들을 회피하기 위한 접근법을 설명하는 획득된 HDR 이미지 세트들을 나타낸다.

표 4는 표준 모드 및 HDR 모드를 위한 iKon-LR CCD 카메라에 대한 사양 및 다이내믹 레인지와, 이득 설정들 및 비닝 레벨들의 범위를 나타낸다. 표에 나타난 바와 같이, HDR 이미징에 의해 제공되는 다이내믹 레인지 개선은 온-칩 비닝이 사용될 때 상당하다. 표에서, 표준 다이내믹 레인지는 (노이즈 플로어를 나타내는) 판독 노이즈 위에서의 A/D 디지털화 포화 한계이고, HDR 다이내믹 레인지는 판독 노이즈 위에서의 (i) 출력 노드 용량 포화 한계 또는 (ii) 풀 웰 용량 포화 한계이다.

표 4

표 4: 표준 모드 및 HDR 이미징 모드 하에서의 iKon-LR CCD 의 다이내믹 레인지

이득 설정	빈	RN (DN)	이득 (e- /DN)	RN (e-)	포화 카운트 (DN)	포화 e-	표준 다이내믹 레인지 (비트)	HDR 다이내믹 레인지 (비트)
1	1	3.56	3.8	13.53	39893	151593.4	13.45	13.45
1	8	3.54	3.8	13.45	64000	243200	14.14	14.86
2	1	6.19	1.9	11.76	62450	118655	13.30	13.52
2	8	6.03	1.9	11.46	61500	116850	13.32	15.09
3	1	12.21	0.9	10.99	59000	53100	12.24	13.62
3	8	11.98	0.9	10.79	56500	50850	12.20	15.18

도 10은 표시된 HDR 이미지(HDR)와 함께, HDR 이미지 세트의 짧은 노출 이미지(500 ms 노출) 및 긴 노출 이미지(5 s 노출)를 도시한다. 표시된 HDR 이미지는 짧은 노출 이미지와 긴 노출 이미지의 조합을 나타낸다. 긴 노출 이미지 및 짧은 노출 이미지는, 트랜스-조명 기하구조 내의 조직-모방 허상(phantom)을 통해 투과된 레이저 광(조명 광)을 검출함으로써 실험적으로 획득되었다. 도시된 바와 같이, HDR 이미지는 (i) 허상의 중간에서의 고-강도 신호 분포와, 또한 (ii) 허상의 바닥부 및 상부에서의 저-강도 신호 분포를, 그리고 또한 주변 영역들을 포착한다. 3은 계산 모델의 결과를 나타낸다. 고-강도 신호 편차들은 HDR 이미지 세트의 낮은 노출 이미지에서 포착되는 반면, 저-강도 신호 편차들은 긴 지속기간 노출 이미지에서 포착된다. 긴 노출 이미지의 노출 시간(5 초)은 블루밍 아티팩트를 회피하기 위해 조정되었다. 특히, 긴 노출 이미지의 노출 시간은 A/D 디지털화 포화 한계가 초과되도록(대부분의 이미지 픽셀들에 대해 도시된 바와 같이), 그러나, CCD 카메라의 (i) 풀 웰 용량

포화 한계 및 (ii) 출력 노드 용량 포화 한계는 초과되지 않도록, 조정되었다.

[0315] **E. 빔 스캐닝을 통한 단층촬영 이미징**

[0316] 일부 실시형태들에서, 작은 스폿 크기들을 유지하면서 스캔 영역 내의 복수의 위치들을 통해 여기 광의 빔이 스캔될 수 있게 함으로써, 전술한 접근법들은 넓은 시야에 걸쳐 신속한 단층촬영 이미징을 제공한다.

[0317] 도 11은 본원에서 설명된 빔 스캐닝 접근법을 사용하여 대상 평면에 걸쳐 위치된 하나 이상의 피험체들을 이미징하기 위한 예시적인 프로세스(1100)를 도시한다. 일부 실시형태들에서, 제1 단계 (1110)에서, 여기 광의 빔은 도 1a 및 도 1b와 관련하여 전술한 바와 같이 스캔 영역 (116)을 가로질러 스캐닝된다. 여기 광의 빔은 스캔 영역(116)에 걸쳐 원하는 스폿 크기를 유지하기 위해 이전 섹션에서 설명된 임의의 빔 성형 접근법을 사용하여 적절하게 성형될 수 있다.

[0318] 여기 광 빔이 스캔 영역 내의 특정 여기 위치로 지향될 때, 이는 피험체 표면의 대응하는 조명 위치에서 여기 광의 빔의 경로에 위치된 주어진 피험체를 조명한다. 전술한 바와 같이, 피험체 표면에 입사되는 광은 피험체 내에서 확산되고 피험체 내에서 형광 종을 여기시켜 형광 광의 방출을 야기한다.

[0319] 일부 실시형태들에서, 여기 광의 빔이 스캔 영역에 걸쳐 여기 위치마다 지향될 때, 하나 이상의 검출기는 피험체 내 형광 종의 여기의 결과로서, 주어진 피험체 내에서 방출된 형광 광을 검출한다(1120). 하나 이상의 검출기는 에피-조명 기하학적 구조 또는 투과조명 기하학적 구조로 정렬될 수 있다.

[0320] 도 1a 및 도 1b는 투과조명 기하학적 구조의 예를 도시하며, 스캐닝 광학 검류계로부터 물체 평면의 반대쪽에 위치된 검출기(120)를 도시한다. 형광 광은 대개 다양한 방향으로 방출되며, 검출기에 의해 검출된 3 개의 피험체(114a, 114b, 114c) 각각으로부터 방출된 형광 광(118a, 118b, 118c)의 일부가 도시되어 있다.

[0321] 일부 실시형태들에서, 하나 이상의 검출기는 하나 이상의 피험체가 조명될 때 형광 광을 검출한다. 일부 실시형태들에서, 전체 스캔 영역을 이미징하도록 정렬된 복수의 픽셀들을 포함하는 초점면 어레이(FPA)가 사용된다. FPA 검출기의 예는 CCD 카메라, CMOS 카메라 및 복수의 픽셀을 포함하는 다른 검출기를 포함한다. FPA 검출기에 입사된 형광 광은 복수의 픽셀에 의해 검출되어, 검출기 면적에 걸쳐 입사된 형광 광의 강도 분포를 나타내는 형광 방출 이미지가 레코딩될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 파이버 번들은 FPA 검출기와 유사하게 기능하도록 배열될 수 있고, 2D 방출 이미지를 레코딩하는데 사용될 수 있다. 파이버 번들은 그것들의 근위(입력) 단부가 복수의 위치에서 방출된 형광 광을 수집하도록 정렬될 수 있다. 각각의 파이버는 대응하는 단일 구성요소 검출기의 반대, 원위 단부에서 정렬(예를 들어, 부착)될 수 있으며, 이는 파이버 근위 단부에 의해 수집되고 파이버의 길이를 따라 가이드되어 검출기의 활성 영역을 조명하는 광을 검출한다. 이러한 방식으로, 번들의 각각의 파이버는 FPA 검출기의 픽셀과 유사하게 기능하고, 번들은 다수의 단일 구성요소 검출기와 함께 방출 이미지를 레코딩하는 데에 사용된다.

[0322] 일부 실시형태들에서, 여기 광의 빔이 스캔될 때, 복수의 형광 방출 이미지가 하나 이상의 검출기에 의해 (예를 들어, FPA를 사용하여; 예를 들어, 파이버 번들의 다수의 검출기를 사용하여) 레코딩된다.

[0323] 일부 실시형태들에서, 형광 방출 이미지는 각각의 이산적 여기 위치에 대해 레코딩된다. 이러한 방식으로 레코딩된 각각의 형광 방출 이미지는 별개의 여기 위치와 관련되고 여기 광의 빔을 관련 여기 위치로 지향시킴으로써 하나 이상의 피험체를 조명하는 것에 응답하여 방출된 형광 광을 나타낸다.

[0324] 일부 실시형태들에서, 검출된 형광 광에 대응하는 데이터는 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해 수신 및/또는 액세스되고(1130) 그리고 하나 이상의 피험체의 하나 이상의 단층촬영 이미지를 획득(예를 들어, 계산)하는 데에 사용된다(1140). 예를 들어, 단층 이미지는 각각의 이산 여기 위치에 대해 레코딩된 형광 방출 이미지를 사용하여 (예를 들어, 단층 복원 기술을 통해) 계산될 수 있다. 특히, 일부 실시형태들에서, 스캔 영역에 걸쳐 위치된 하나 이상의 피험체 각각에 대한 단층촬영 이미지가 획득될 수 있다.

[0325] 예를 들어, 다수의 피험체가 이미징되는 경우, 각 피험체는 형광 방출 이미지의 일부와 관련될 수 있다. 특히, 다수의 피험체가 스캔 영역에 걸쳐 위치될 때, 각각의 피험체는 스캔 영역 내의 여기 위치의 상이한 부분과 관련될 수 있다. 예를 들어, 3 개의 피험체가 이미징되면, 여기 광의 빔이 복수의 여기 위치의 각각의 제1 부분으로 지향될 때 조명되도록 제1 피험체가 위치된다. 따라서, 제1 피험체는 여기 위치의 제1 부분과 관련된다. 제2 피험체는 여기 위치의 제2 부분과 유사하게 관련되고, 제3 피험체는 여기 위치의 제3 부분과 유사하게 관련된다.

[0326] 따라서, 주어진 피험체에 대해, 피험체와 관련된 여기 위치에 대해 레코딩된 형광 방출 이미지가 식별될 수 있

고, 주어진 피험체의 단층 이미지를 획득하기 위해 단층 복원 기술에 대한 입력으로 사용될 수 있다. 이 프로세스는 스캔 영역에 걸쳐 위치한 각 피험체에 대해 반복될 수 있다.

[0327] F. 컴퓨터 시스템 및 네트워크 아키텍처

[0328] 도 6에 도시된 바와 같이, 본원에 설명된 조명을 CCD 카메라의 이미지 획득 시퀀스와 동기화함으로써 CCD 카메라를 이용한 신속한 이미징을 위한 시스템 및 방법을 제공하는 데 사용하기 위한 네트워크 환경(600)의 구현에가 도시되고 설명된다. 간략한 개요로서, 이제 도 6을 참조하면, 예시적인 클라우드 컴퓨팅 환경(600)의 블록도가 도시되고 설명된다. 클라우드 컴퓨팅 환경(600)은 하나 이상의 자원 제공자(602a, 602b, 602c) (총괄적으로 602)를 포함할 수 있다. 각각의 자원 제공자(602)는 컴퓨팅 자원을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 컴퓨팅 자원들은 데이터를 처리하는데 사용되는 임의의 하드웨어 및/또는 소프트웨어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 자원은 알고리즘, 컴퓨터 프로그램 및/또는 컴퓨터 애플리케이션을 실행할 수 있는 하드웨어 및/또는 소프트웨어를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 예시적인 컴퓨팅 자원은 저장 및 검색 성능을 갖는 애플리케이션 서버 및/또는 데이터베이스를 포함할 수 있다. 각각의 자원 제공자(602)는 클라우드 컴퓨팅 환경(600)에서 임의의 다른 자원 제공자(602)에 연결될 수 있다. 일부 구현들에서, 자원 제공자들(602)은 컴퓨터 네트워크(608)를 통해 연결될 수 있다. 각각의 자원 제공자(602)는 컴퓨터 네트워크(608)를 통해 하나 이상의 컴퓨팅 장치(604a, 604b, 604c)(총괄하여, 604)에 연결될 수 있다.

[0329] 클라우드 컴퓨팅 환경(600)은 자원 관리자(606)를 포함할 수 있다. 자원 관리자(606)는 컴퓨터 네트워크(608)를 통해 자원 제공자들(602) 및 컴퓨팅 장치들(604)에 연결될 수 있다. 일부 구현들에서, 자원 관리자(606)는 하나 이상의 자원 제공자들(602)에 의한 컴퓨팅 자원들을 하나 이상의 컴퓨팅 장치들(604)로 용이하게 제공할 수 있다. 자원 관리자(606)는 특정 컴퓨팅 장치(604)로부터 컴퓨팅 자원에 대한 요청을 수신할 수 있다. 자원 관리자(606)는 컴퓨팅 장치(604)에 의해 요청된 컴퓨팅 자원을 제공할 수 있는 하나 이상의 자원 제공자들(602)을 식별할 수 있다. 자원 관리자(606)는 컴퓨팅 자원을 제공하기 위해 자원 제공자(602)를 선택할 수 있다. 자원 관리자(606)는 자원 제공자(602)와 특정 컴퓨팅 장치(604) 간의 연결을 용이하게 할 수 있다. 일부 구현들에서, 자원 관리자(606)는 특정한 자원 제공자(602)와 특정한 컴퓨팅 장치(604) 간의 연결을 확립할 수 있다. 일부 구현들에서, 자원 관리자(606)는 특정한 컴퓨팅 장치(604)를 요청된 컴퓨팅 자원과 함께 특정 자원 제공자(602)로 리디렉션할 수 있다.

[0330] 도 7은 본 개시에 설명된 기술들을 구현하기 위해 사용될 수 있는 컴퓨팅 장치(700) 및 모바일 컴퓨팅 장치(750)의 예를 도시한다. 컴퓨팅 장치(700)는 랩탑, 데스크탑, 워크스테이션, PDA(personal digital assistants), 서버, 블레이드 서버, 메인프레임 및 다른 적절한 컴퓨터와 같은 다양한 형태의 디지털 컴퓨터를 나타내도록 의도된다. 모바일 컴퓨팅 장치(750)는 PDA, 핸드폰, 스마트폰, 및 다른 유사한 컴퓨팅 장치들과 같은 다양한 형태의 모바일 장치를 나타내는 것으로 의도된다. 본 출원에 표시된 컴포넌트, 연결 및 관계 및 해당 기능은 단지 예일 뿐이며 제한적인 것은 아니다.

[0331] 컴퓨팅 장치(700)는 프로세서(702), 메모리(704), 저장 장치(706), 메모리(704)와 다수의 고속 확장 포트(710)에 연결되는 고속 인터페이스(708), 및 저속 확장 포트(714)와 저장 장치(706)에 연결되는 저속 인터페이스(712)를 포함한다. 프로세서(702), 메모리(704), 저장 장치(706), 고속 인터페이스(708), 고속 확장 포트들(710), 및 저속 인터페이스(712) 각각은 다양한 버스를 이용하여 상호연결되고, 공통의 마더보드 상에 또는 적절한 다른 방식들로 장착될 수 있다. 프로세서(702)는, 고속 인터페이스(708)에 연결된 디스플레이(716)와 같은 외부 입력/출력 장치 상의 GUI를 위한 그래픽 정보를 표시하기 위해 메모리(704) 내에 또는 저장 장치(706) 상에 저장된 명령들을 포함하는, 컴퓨팅 장치(700) 내의 실행을 위한 명령들을 처리할 수 있다. 다른 구현들에서, 다수의 프로세서들 및/또는 다수의 버스들이 적절하게 다수의 메모리 및 메모리의 유형과 함께 사용될 수 있다. 또한, 다수의 컴퓨팅 장치가 연결될 수 있으며, 각각의 장치는 (예를 들어, 서버 뱅크, 블레이드 서버 그룹, 또는 다중 프로세서 시스템으로서) 필요한 동작의 일부를 제공한다. 따라서, 복수의 기능이 "프로세서"에 의해 수행되는 것으로 설명되는 용어가 본 출원에 사용될 때, 이는 복수의 기능이 임의의 수의 컴퓨팅 장치(하나 이상)의 임의의 수의 프로세서(하나 이상)에 의해 수행되는 실시형태를 아우른다. 또한, 어느 기능이 "프로세서"에 의해 수행되는 것으로 설명되는 경우, 이는 해당 기능이 (예를 들어, 분산 컴퓨팅 시스템에서) 임의의 수의 컴퓨팅 장치(하나 이상)의 임의의 수의 프로세서(하나 이상)에 의해 수행되는 실시형태를 포함한다.

[0332] 메모리(704)는 컴퓨팅 장치(700) 내에 정보를 저장한다. 일부 구현들에서, 메모리(704)는 휘발성 메모리 유닛 또는 유닛들이다. 일부 구현들에서, 메모리(704)는 비휘발성 메모리 유닛 또는 유닛들이다. 메모리(704)는 또한, 자기 디스크 또는 광 디스크와 같은 다른 형태의 컴퓨터 판독가능 매체일 수 있다.

- [0333] 저장 장치(706)는 컴퓨팅 장치(700)를 위한 대용량 저장 장치를 제공할 수 있다. 일부 구현들에서, 저장 장치(706)는 플로피 디스크 장치, 하드 디스크 장치, 광 디스크 장치, 또는 테이프 장치, 플래시 메모리 또는 다른 유사한 고체 상태 메모리 장치, 또는 저장 영역 네트워크나 다른 구성들의 장치들을 포함하는 장치들의 어레이와 같은, 컴퓨터 판독가능 매체이거나 이를 포함할 수 있다. 명령은 정보 캐리어에 저장될 수 있다. 명령들은 하나 이상의 프로세싱 장치들에 의해 실행될 때(예를 들어, 프로세서(702)), 상술된 것들과 같은 하나 이상의 방법들을 수행한다. 또한, 명령들은 컴퓨터-판독가능 또는 기계-판독가능 매체들(예를 들어, 메모리(704), 저장 장치(706), 또는 프로세서(702) 상의 메모리)과 같은 하나 이상의 저장 장치들에 의해 저장될 수 있다.
- [0334] 고속 인터페이스(708)는 컴퓨팅 장치(700)에 대한 대역폭-집중 동작들을 관리하는 반면, 저속 인터페이스(712)는 더 낮은 대역폭-집중 동작들을 관리한다. 이러한 기능 할당은 단지 예일뿐이다. 일부 구현들에서, 고속 인터페이스(708)는 메모리(704), 디스플레이(716)(예를 들어, 그래픽 프로세서 또는 액셀러레이터를 통해), 및 다양한 확장 카드(도시되지 않음)를 수용할 수 있는 고속 확장 포트(710)에 연결된다. 해당 구현에서, 저속 인터페이스(712)는 저장 장치(706) 및 저속 확장 포트(714)에 연결된다. 다양한 통신 포트들(예를 들어, USB, 블루투스®, 이더넷, 무선 이더넷)을 포함할 수 있는 저속 확장 포트(714)는 예를 들어, 네트워크 어댑터를 통해 키보드, 포인팅 장치, 스캐너, 또는 스위치나 라우터와 같은 네트워킹 장치, 하나 이상의 입력/출력 장치들에 연결될 수 있다.
- [0335] 컴퓨팅 장치(700)는 도면에 도시된 바와 같이 다수의 상이한 형태로 구현될 수 있다. 예를 들어, 이는 하나의 표준 서버(720)로서 구현될 수도 있고, 그러한 서버들의 그룹에서의 여러 서버들로 구현될 수도 있다. 또한, 이는 랩톱 컴퓨터(722)와 같은 개인 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 이는 랙 서버 시스템(724)의 일부로서 구현될 수 있다. 대안적으로, 컴퓨팅 장치(700)로부터의 구성요소들은 모바일 컴퓨팅 장치(750)와 같은 모바일 장치 내의 다른 구성요소들(도시되지 않음)과 결합될 수 있다. 이러한 장치들 각각은 하나 이상의 컴퓨팅 장치(700) 및 모바일 컴퓨팅 장치(750)를 포함할 수 있고, 전체 시스템은 서로 통신하는 다수의 컴퓨팅 장치로 구성될 수 있다.
- [0336] 모바일 컴퓨팅 장치(750)는 다른 구성요소들 중에서도 프로세서(752), 메모리(764), 디스플레이(754)와 같은 입력/출력 장치, 통신 인터페이스(766), 및 트랜시버(768)를 포함한다. 또한, 모바일 컴퓨팅 장치(750)는 추가적인 저장을 제공하기 위해, 마이크로-드라이브 또는 다른 장치와 같은 저장 장치와 함께 제공될 수 있다. 프로세서(752), 메모리(764), 디스플레이(754), 통신 인터페이스(766) 및 트랜시버(768) 각각은 다양한 버스를 사용하여 상호연결되고, 몇몇 구성요소들은 공통의 마더보드 상에 또는 적절한 다른 방식으로 장착될 수 있다.
- [0337] 프로세서(752)는 메모리(764)에 저장된 명령들을 포함하는, 모바일 컴퓨팅 장치(750) 내의 명령들을 실행할 수 있다. 프로세서(752)는 분리된 다수의 아날로그 및 디지털 프로세서들을 포함하는 칩들의 칩셋으로서 구현될 수 있다. 프로세서(752)는 예를 들어, 사용자 인터페이스들의 제어, 모바일 컴퓨팅 장치(750)에 의해 실행되는 애플리케이션들, 및 모바일 컴퓨팅 장치(750)에 의한 무선 통신과 같은, 모바일 컴퓨팅 장치(750)의 다른 구성요소들의 조정을 제공할 수 있다.
- [0338] 프로세서(752)는 제어 인터페이스(758) 및 디스플레이(754)에 연결된 디스플레이 인터페이스(756)를 통해 사용자와 통신할 수 있다. 디스플레이(754)는, 예를 들어, TFT(박막 트랜지스터 액정 디스플레이) 디스플레이 또는 OLED(유기발광다이오드) 디스플레이, 또는 다른 적절한 디스플레이 기술일 수 있다. 디스플레이 인터페이스(756)는 그래픽 및 다른 정보를 사용자에게 제공하도록 디스플레이(754)를 구동하기 위한 적절한 회로를 포함할 수 있다. 제어 인터페이스(758)는 사용자로부터 명령을 수신하고 이들을 프로세서(752)에 제출하기 위해 전환할 수 있다. 또한, 외부 인터페이스(762)는, 다른 장치들과 모바일 컴퓨팅 장치(750)의 근거리 통신을 가능하게 하기 위해, 프로세서(752)와의 통신을 제공할 수 있다. 외부 인터페이스(762)는, 예를 들어, 일부 구현들에서 유선 통신을 위해, 또는 다른 구현들에서 무선 통신을 위해 제공될 수 있고, 다수의 인터페이스들이 또한 사용될 수 있다.
- [0339] 메모리(764)는 모바일 컴퓨팅 장치(750) 내의 정보를 저장한다. 메모리(764)는 하나 이상의 컴퓨터 판독가능 매체, 휘발성 메모리 유닛, 또는 비-휘발성 메모리 유닛으로서 구현될 수 있다. 확장 메모리(774)는 또한 예를 들어, SIMM(Single In Line Memory Module) 카드 인터페이스를 포함할 수 있는 확장 인터페이스(772)를 통해 모바일 컴퓨팅 장치(750)에 제공되고 연결될 수 있다. 확장 메모리(774)는 모바일 컴퓨팅 장치(750)를 위한 여분의 저장 공간을 제공할 수 있거나, 또한 모바일 컴퓨팅 장치(750)를 위한 애플리케이션 또는 다른 정보를 저장할 수 있다. 구체적으로, 확장 메모리(774)는 전술한 프로세스들을 실행 또는 보완하기 위한 명령들을 포함할 수 있고, 또한 보안 정보를 포함할 수 있다. 따라서, 예를 들어, 확장 메모리(574)는 모바일 컴퓨팅 장치(750)

에 대한 보안 모듈로서 제공될 수 있고, 모바일 컴퓨팅 장치(750)의 보안 사용을 허용하는 명령들로 프로그래밍될 수 있다. 또한, SIMM 카드 상에 식별 정보를 해킹 불가능한 방식으로 배치하는 것과 같은 추가 정보와 함께 SIMM 카드를 통해 보안 애플리케이션이 제공될 수 있다.

[0340] 메모리는 예를 들어, 후술하는 바와 같이 플래시 메모리 및/또는 NVRAM 메모리(비 휘발성 랜덤 액세스 메모리)를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 하나 이상의 처리 장치들(예를 들면, 프로세서(752))에 의해 실행될 때, 전술한 것들과 같은 하나 이상의 방법들을 수행하는 명령들이 정보 캐리어에 저장된다. 또한, 명령들은 하나 이상의 컴퓨터-판독가능 또는 기계-판독가능 매체들(예를 들어, 메모리(764), 확장 메모리(774), 또는 프로세서(752) 상의 메모리)과 같은 하나 이상의 저장 장치에 의해 저장될 수 있다. 일부 구현들에서, 명령들은, 예를 들어, 트랜시버(768) 또는 외부 인터페이스(762)를 통해 전파된 신호로 수신될 수 있다.

[0341] 모바일 컴퓨팅 장치(750)는 필요한 경우, 디지털 신호 처리 회로를 포함할 수 있는 통신 인터페이스(766)를 통해 무선으로 통신할 수 있다. 통신 인터페이스(766)는, 다른 것들 중에서도 GSM 음성 호출(세계 무선 통신 시스템), SMS(단문 메시지 전송 서비스), EMS(확장 메시지 전송 서비스) 또는 MMS 메시징(멀티미디어 메시지 전송 서비스), CDMA(코드분할다중접속), TDMA(시분할다중접속), PDC(개인 디지털 셀룰러), WCDMA(광대역코드분할다중접속), CDMA2000 또는 GPRS(일반패킷 무선서비스)와 같은 다양한 모드 또는 프로토콜 하에서 통신을 제공할 수 있다. 이러한 통신은 예를 들어 무선 주파수를 사용하는 트랜시버(768)를 통해 발생할 수 있다. 또한, Bluetooth®, Wi-Fi™ 또는 기타 그러한 트랜시버(도시되지 않음) 사용과 같은 단거리 통신이 발생할 수 있다. 또한, GPS(글로벌 포지셔닝 시스템) 수신기 모듈(770)은 추가적인 내비게이션 및 위치 관련 무선 데이터를 모바일 컴퓨팅 장치(750)에 제공할 수 있으며, 이는 모바일 컴퓨팅 장치(750) 상에서 실행되는 애플리케이션에 의해 적절하게 사용될 수 있다.

[0342] 모바일 컴퓨팅 장치(750)는 또한 오디오 코덱(760)을 사용하여 청각적으로 통신할 수 있으며, 이는 음성 정보를 사용자로부터 수신하여 이를 사용가능한 디지털 정보로 변환할 수 있다. 유사하게, 오디오 코덱(760)은 예를 들어, 모바일 컴퓨팅 장치(750)의 핸드셋에서 스피커를 통해서와 같이 사용자를 위해 가청 사운드를 생성할 수 있다. 이러한 사운드는 음성 전화 호출로부터의 사운드를 포함할 수 있고, 레코딩된 사운드(예를 들어, 음성 메시지, 음악 파일 등)를 포함할 수 있으며, 모바일 컴퓨팅 장치(750) 상에서 동작하는 애플리케이션에 의해 생성된 사운드를 포함할 수도 있다.

[0343] 모바일 컴퓨팅 장치(750)는 도면에 도시된 바와 같이 다수의 상이한 형태로 구현될 수 있다. 예를 들어, 그것은 핸드폰(780)으로 구현될 수 있다. 또한, 스마트폰(782), PDA, 또는 다른 유사한 모바일 장치의 일부로서 구현될 수 있다.

[0344] 본원에 설명된 시스템 및 기술의 다양한 구현예들은 디지털 전자 회로부, 집적 회로, 특별히 설계된 ASIC(application specific integrated circuit), 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 및/또는 이들의 조합으로 실현될 수 있다. 이러한 다양한 구현예는 특수하거나 범용일 수 있고, 스토리지 시스템, 적어도 하나의 입력 장치 및 적어도 하나의 출력 장치로부터 데이터 및 명령을 수신하고, 그것들로 데이터 및 명령을 송신하기 위해 결합된, 적어도 하나의 프로그램 가능한 프로세서를 포함하는 프로그램 가능 시스템상에서 실행 가능한 및/또는 해석 가능한 하나 이상의 컴퓨터 프로그램에서의 구현을 포함할 수 있다.

[0345] 이러한 컴퓨터 프로그램(프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 애플리케이션 또는 코드라고도 함)은 프로그래밍 가능 프로세서에 대한 기계 명령을 포함하고 하이 레벨 절차 및/또는 객체 지향 프로그래밍 언어 및/또는 어셈블리/기계 언어로 구현될 수 있다. 본원에서 사용된, 기계 판독 가능 매체 및 컴퓨터 판독 가능 매체라는 용어는 기계 판독 가능 신호로서 기계 명령을 수신하는 기계 판독 가능 매체를 포함하는 프로그램 가능한 프로세서로의 데이터 및/또는 기계 명령을 제공하는데 사용되는 임의의 컴퓨터 프로그램 제품, 장치 및/또는 장치(예를 들어, 자기 디스크, 광 디스크, 메모리, 프로그램 가능 논리 장치(PLD: Programmable Logic Devices))를 지칭한다. 기계-판독가능 신호라는 용어는 기계 명령들 및/또는 데이터를 프로그램가능 프로세서에 제공하는 데에 사용되는 임의의 신호를 지칭할 수도 있다.

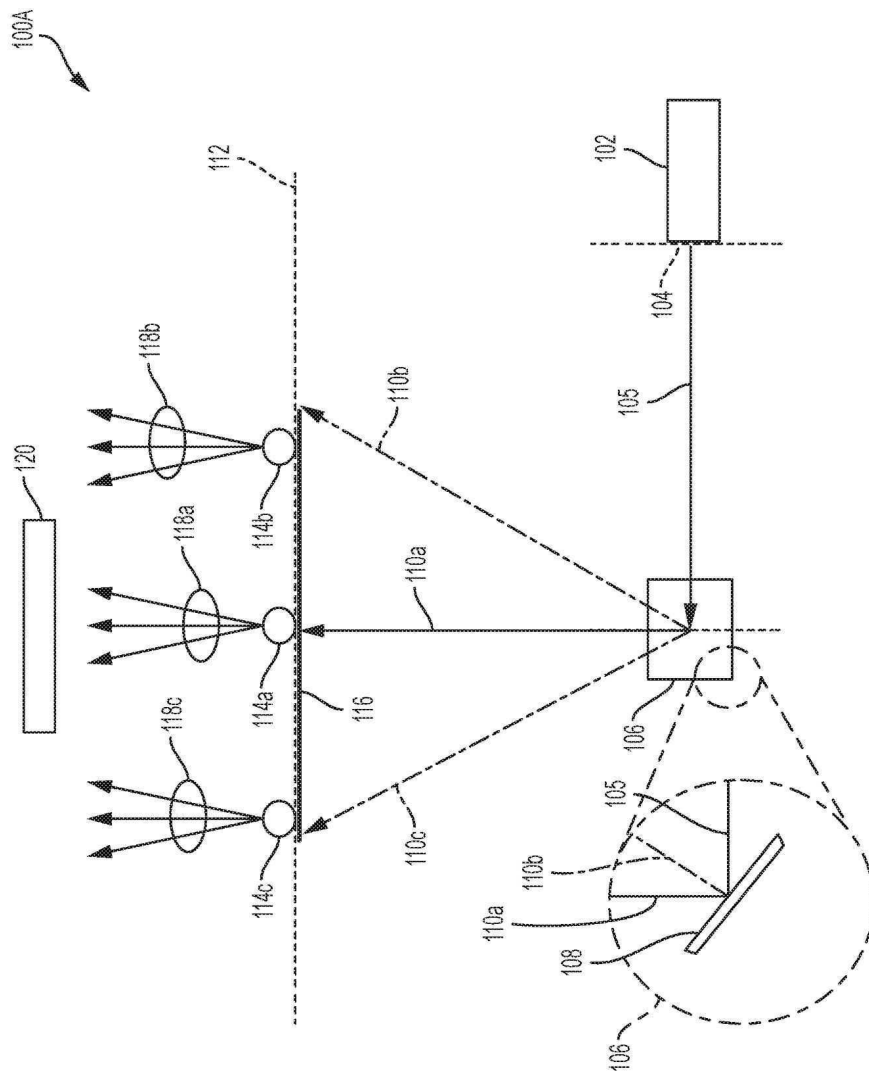
[0346] 사용자와의 상호 작용을 제공하기 위해, 본 출원에서 설명된 시스템 및 기술은 사용자가 컴퓨터에 입력을 제공할 수 있는 키보드 및 포인팅 장치(예를 들어, 마우스 또는 트랙볼) 및 사용자에게 정보를 디스플레이하기 위한 디스플레이 장치(예를 들어, CRT(cathode ray tube) 또는 LCD(liquid crystal display) 모니터)를 갖는 컴퓨터 상에서 구현될 수 있다. 사용자와의 상호 작용을 제공하기 위해 다른 종류의 장치가 사용될 수도 있다; 예를 들어, 사용자에게 제공되는 피드백은 임의의 형태의 감각 피드백(예를 들어, 시각 피드백, 청각 피드백 또는 촉각 피드백)일 수 있으며; 사용자로부터의 입력은 음향, 음성 또는 촉각 입력을 포함하는 임의의 형태로 수신될 수

있다.

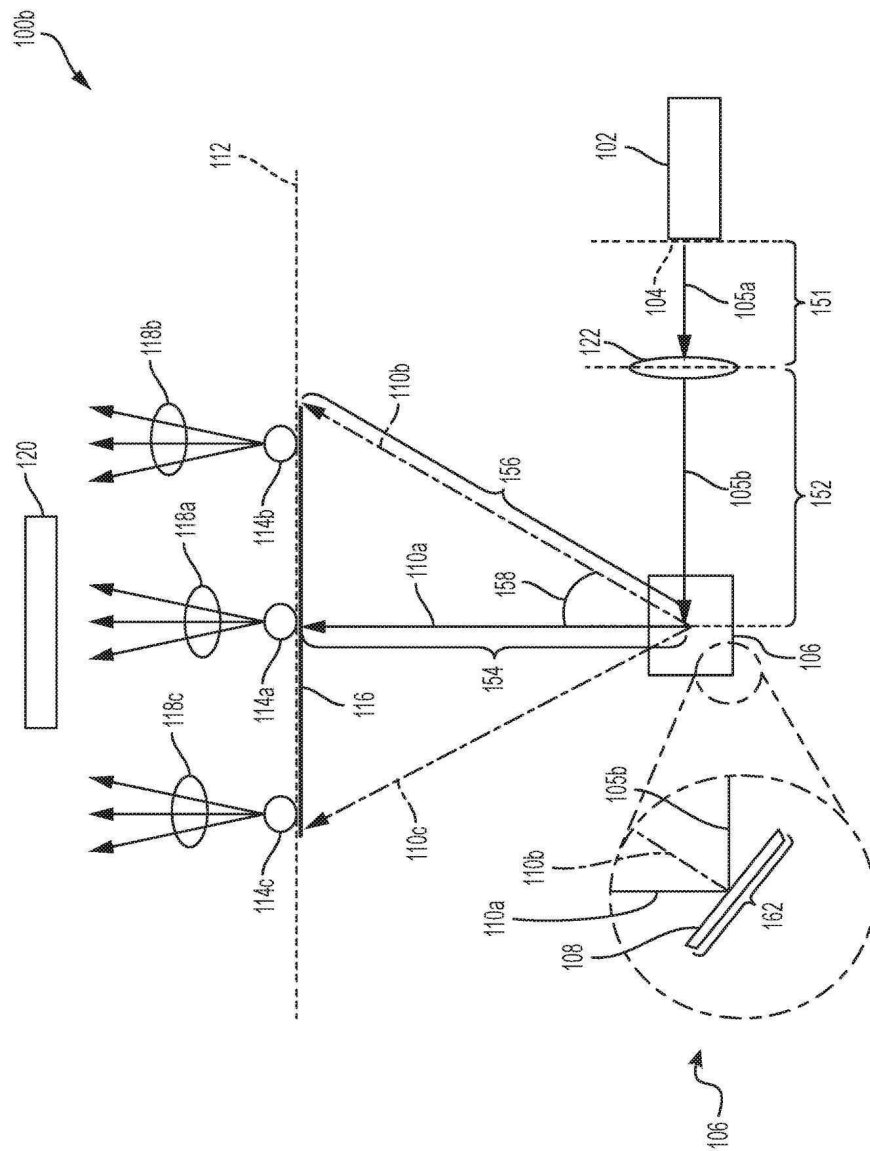
- [0347] 본 출원에 설명된 시스템 및 기술은 백엔드(back end) 컴포넌트(예를 들어, 데이터 서버)를 포함하거나 미들웨어 컴포넌트(예를 들어, 애플리케이션 서버)를 포함하거나 프론트 엔드 컴포넌트(예를 들어, 사용자가 본 출원에서 설명된 시스템 및 기술의 구현예와 상호 작용할 수 있는 웹 브라우저 또는 그래픽 사용자 인터페이스를 갖는 클라이언트 컴퓨터) 또는 이러한 백엔드, 미들웨어 또는 프론트 엔드 컴포넌트의 임의의 조합을 포함하는 컴퓨팅 시스템에서 구현될 수 있다. 시스템의 컴포넌트는 임의의 형태 또는 매체의 디지털 데이터 통신(예를 들어, 통신 네트워크)에 의해 상호 연결될 수 있다. 통신 네트워크의 예는 근거리 통신망(LAN), 광역 통신망(WAN) 및 인터넷을 포함한다.
- [0348] 컴퓨팅 시스템은 클라이언트 및 서버를 포함할 수 있다. 클라이언트와 서버는 일반적으로 서로 멀리 떨어져 있으며 대개 통신 네트워크를 통해 상호 작용한다. 클라이언트와 서버의 관계는 개별 컴퓨터에서 실행되고 서로 클라이언트-서버 관계를 갖는 컴퓨터 프로그램으로 인해 발생한다.
- [0349] 일부 구현예에서, 본 출원에서 설명된 임의의 모듈들은 단일 또는 조합된 모듈들로 분리, 결합 또는 통합될 수 있다. 도면에 도시된 임의의 모듈은 본 출원에서 설명된 시스템을 그 내부에 도시된 소프트웨어 아키텍처로 제한하려는 것이 아니다.
- [0350] 본 출원에 설명된 상이한 구현의 구성요소는 상기에서 구체적으로 설명되지 않은 다른 구현예를 형성하기 위해 조합될 수 있다. 구성요소들은 그 동작에 악영향을 미치지 않으면서 본 출원에 설명된 프로세스, 컴퓨터 프로그램, 데이터베이스 등에서 제외될 수 있다. 추가하여, 도면에 도시된 논리 흐름은 바람직한 결과를 달성하기 위해 도시된 특정 순서 또는 순차적 순서를 요구하지 않는다. 본 출원에 설명된 기능들을 수행하기 위해 다양한 개별 구성요소들이 하나 이상의 개별 구성요소들로 결합될 수 있다. 구조를 고려하여, 일부 구현예들에서, 본 출원에서 설명된 시스템들 및 방법들이 설명된다.
- [0351] 본 명세서 전반에 걸쳐, 장치 및 시스템은 특정 컴포넌트를 갖거나 포함하는 것으로 설명되고, 또는 프로세스 및 방법은 특정한 단계를 갖거나 포함하는 것으로 설명되며, 부가적으로, 언급된 구성요소로 본질적으로 구성되거나 구성되는 본 개시의 장치 및 시스템이 존재하고, 언급된 처리 단계들로 본질적으로 구성되거나 구성되는 본 개시에 따른 프로세스 및 방법이 존재하는 것으로 고려된다.
- [0352] 본원에 설명된 실시형태들이 동작 가능하게 유지되는 한, 특정 동작을 수행하기 위한 순서 또는 단계들의 순서는 중요하지 않다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 둘 이상의 단계 또는 동작이 동시에 수행될 수 있다.
- [0353] 본원에 기재된 실시형태들은 특정한 바람직한 실시형태와 관련하여 도시되고 설명되었지만, 통상의 기술자는 첨부된 청구범위에 의해 정의된 바와 같이 본원에 기재된 실시형태들의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 형태 및 세부사항의 다양한 변화가 이루어질 수 있음을 이해해야 한다.

도면

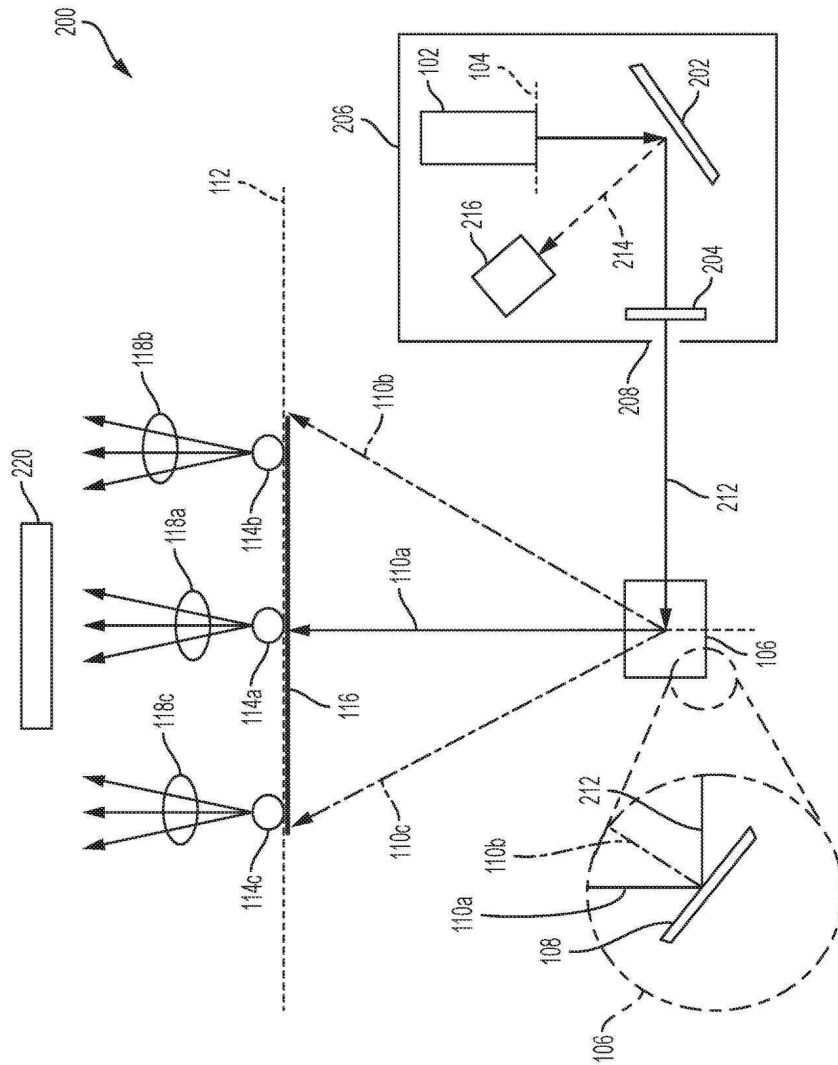
도면1a



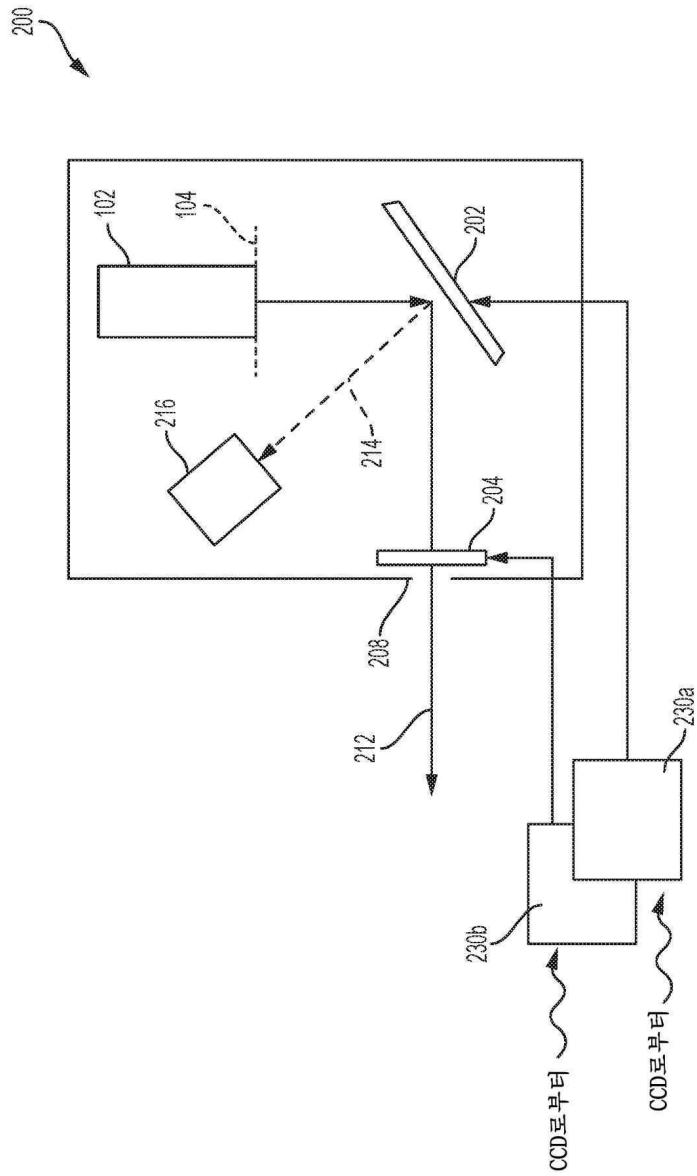
도면1b



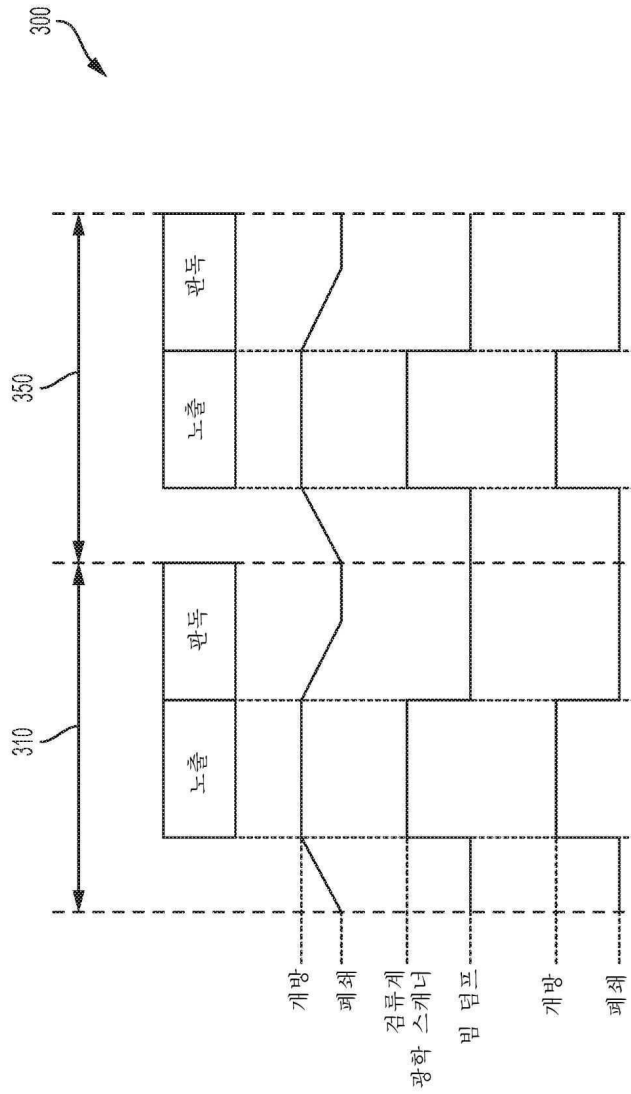
도면2a



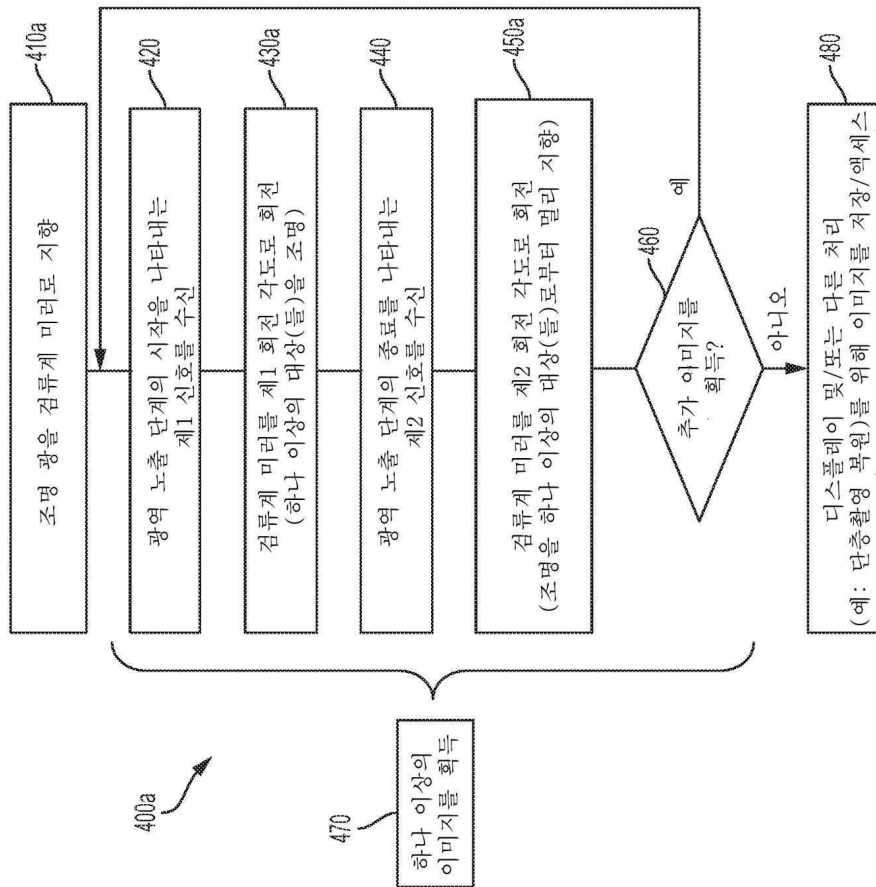
도면2b



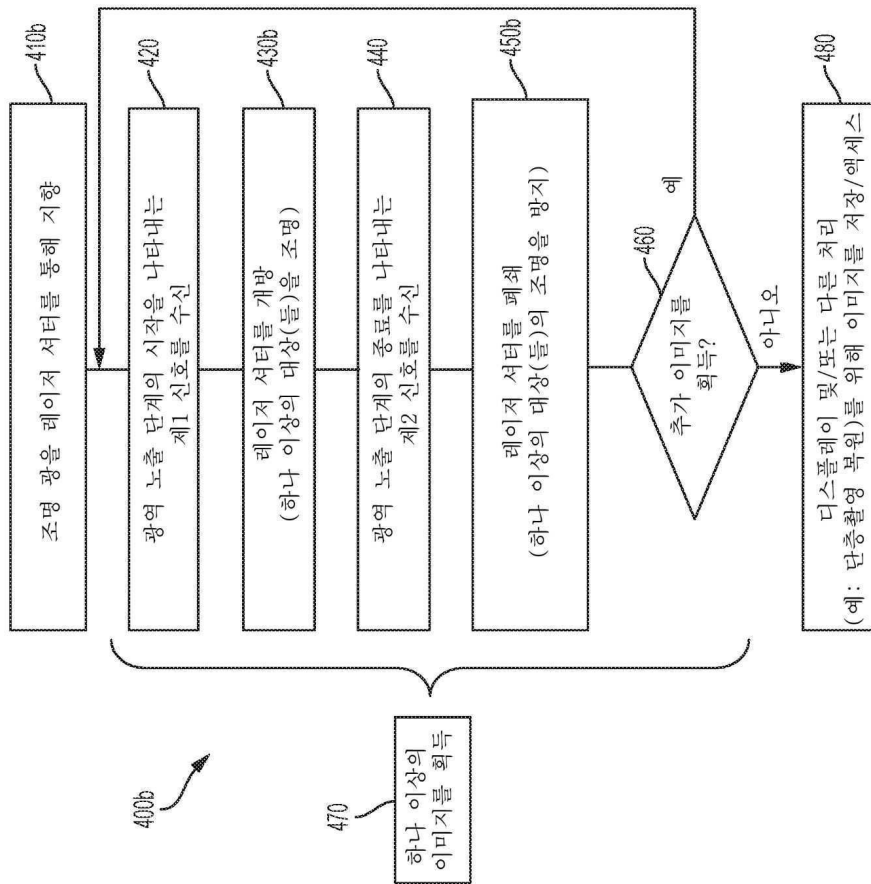
도면3



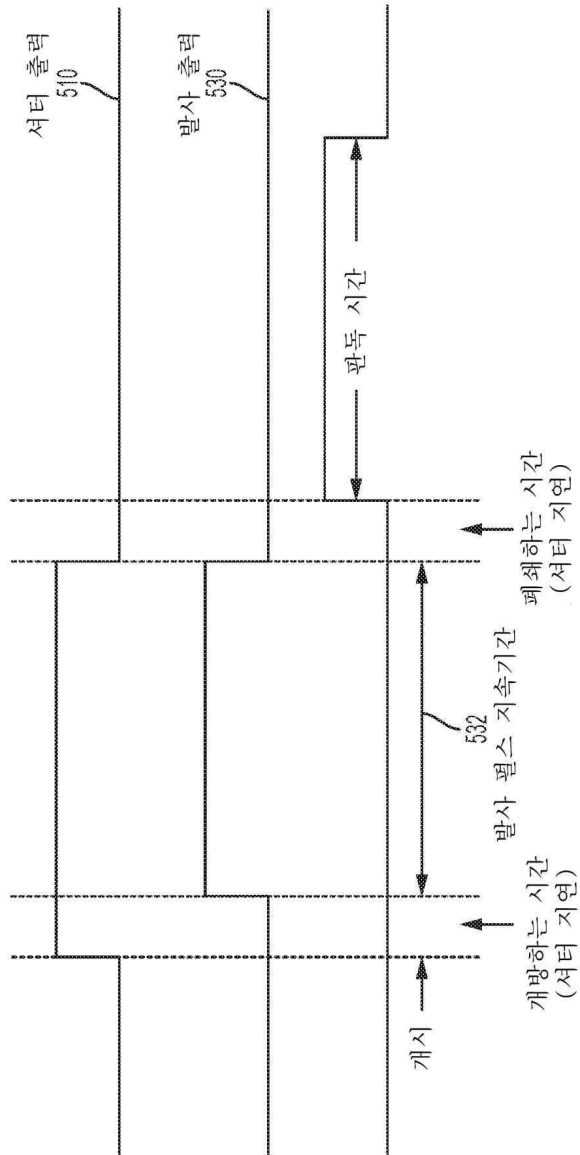
도면4a



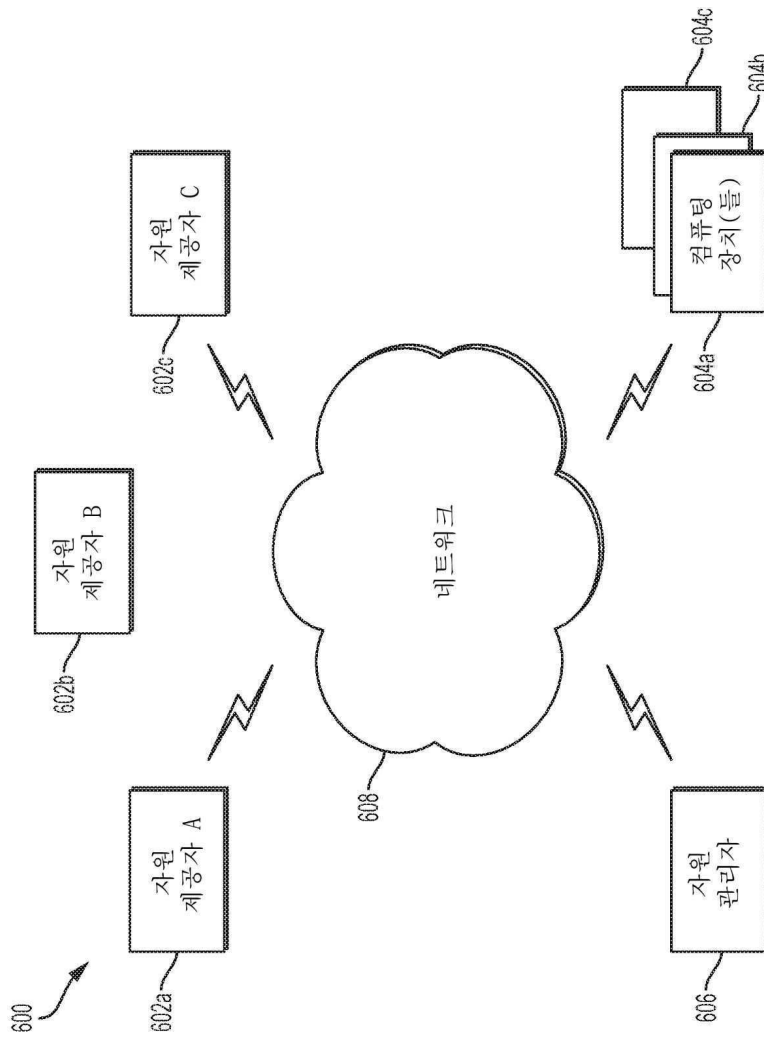
도면4b



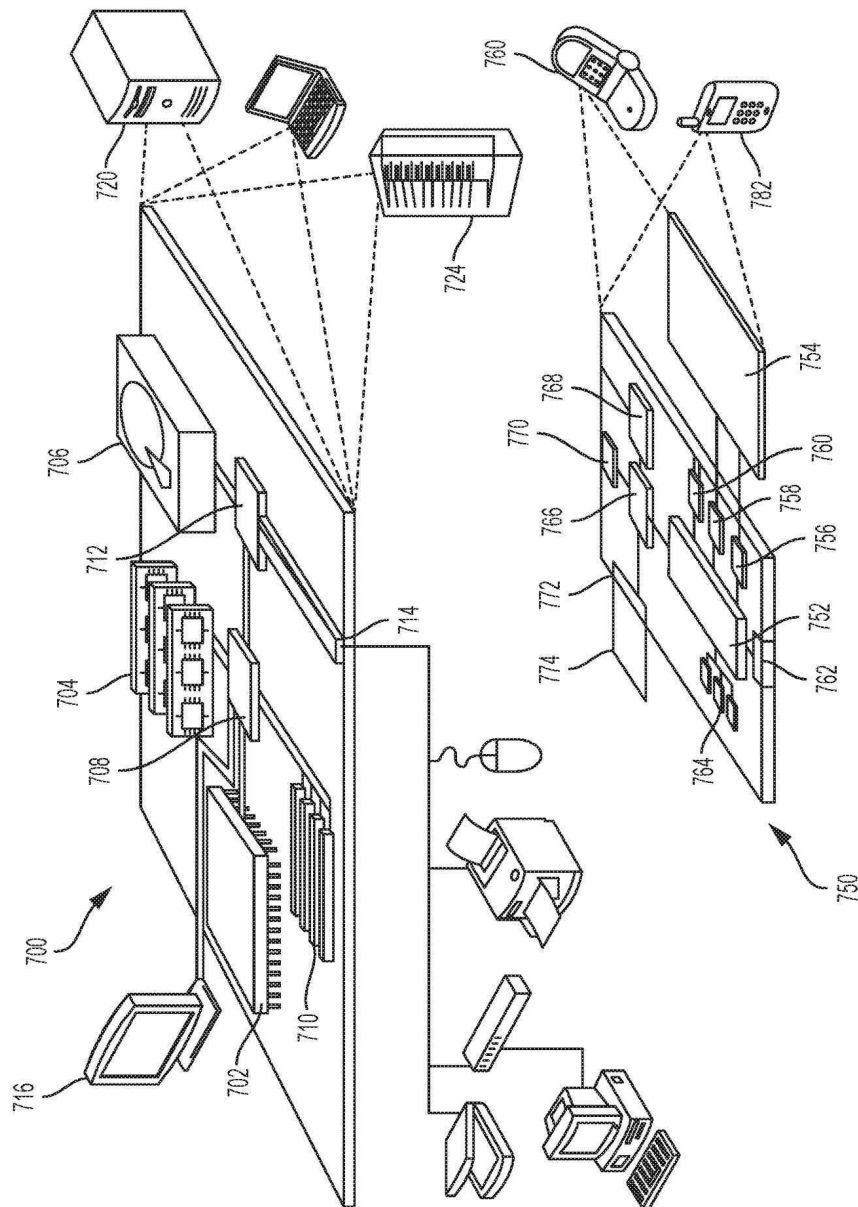
도면5



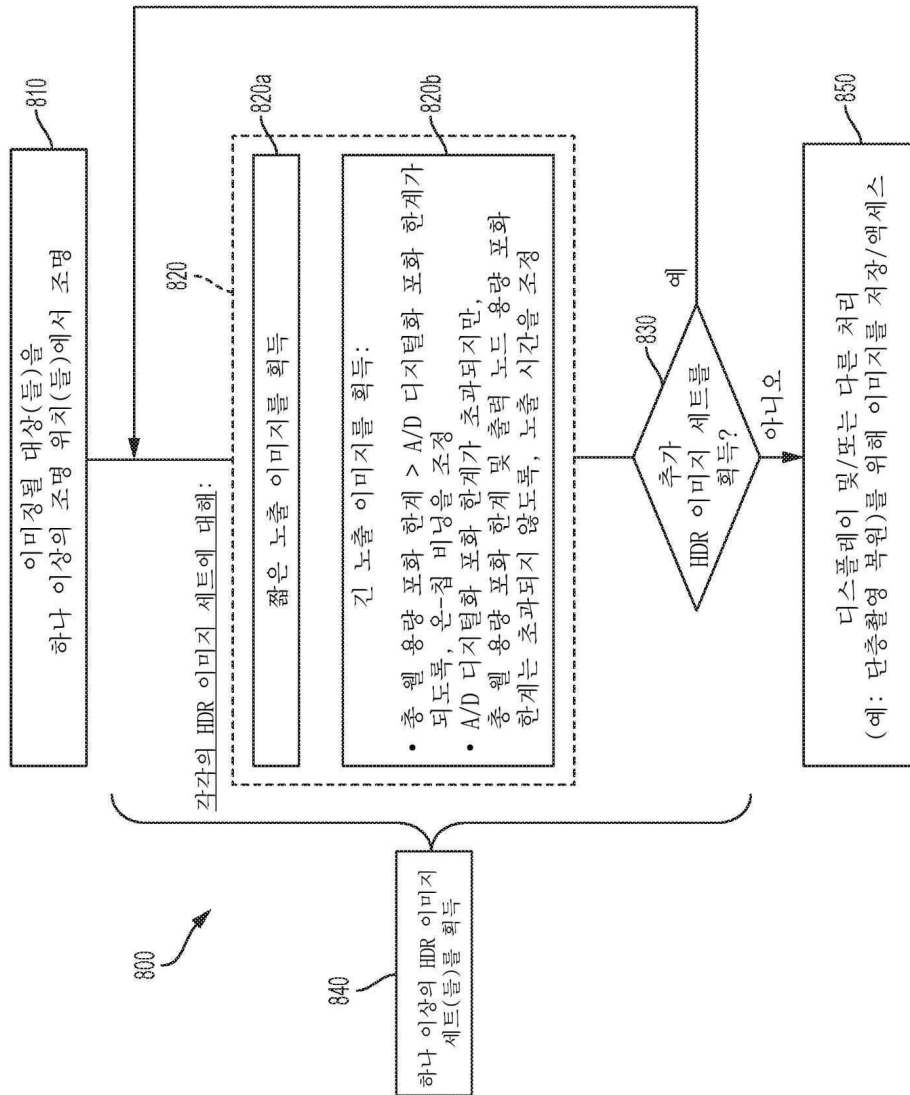
도면6



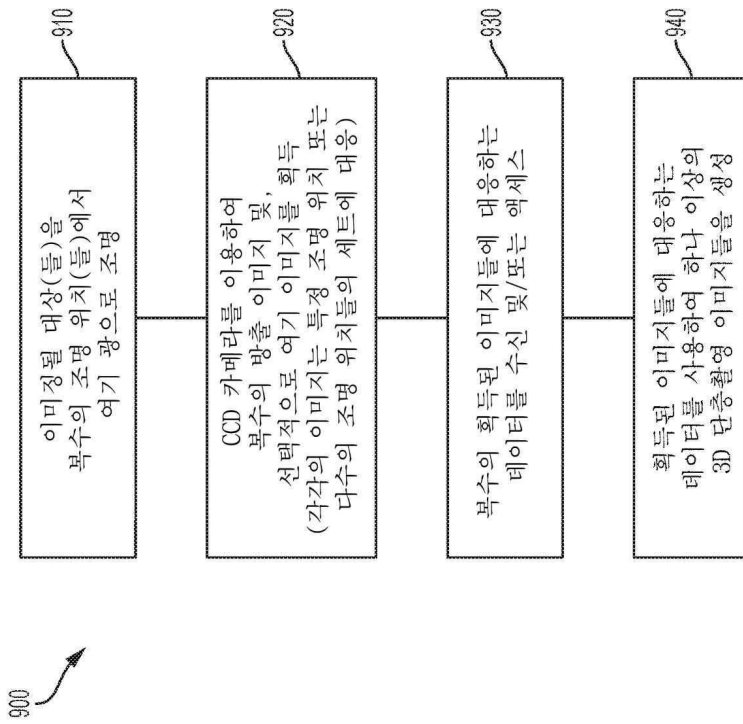
도면7



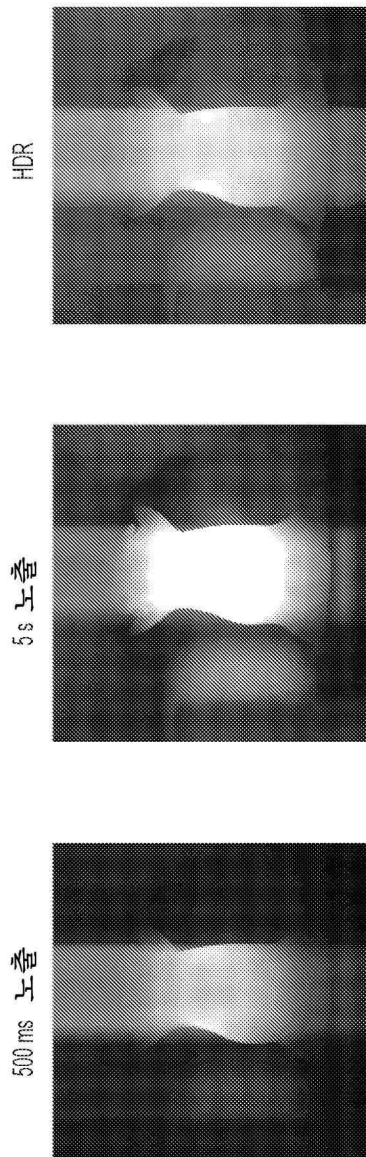
도면8



도면9



도면10



도면11

