



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0141168  
(43) 공개일자 2024년09월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/55 (2014.01) G01N 21/01 (2006.01)  
G01N 21/47 (2006.01) G01N 21/49 (2006.01)  
G06T 7/00 (2017.01) G06T 7/521 (2017.01)  
G06T 7/593 (2017.01) G06V 10/60 (2022.01)  
G06V 10/75 (2022.01) H04N 13/239 (2018.01)  
H04N 13/254 (2018.01)
- (52) CPC특허분류  
G01N 21/55 (2013.01)  
G01N 21/01 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7024789  
(22) 출원일자(국제) 2023년01월23일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2024년07월23일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/051517  
(87) 국제공개번호 WO 2023/139254  
국제공개일자 2023년07월27일  
(30) 우선권주장  
22153038.9 2022년01월24일  
유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인  
트리나미엑스 게엠베하  
독일 67063 루드비히샤펜 암 라인 인더스트리스트  
라쎄 35  
(72) 발명자  
선들러 패트릭  
독일 67063 루드비히샤펜 암 라인 인더스트리스트  
라쎄 35  
휴너베인 루벤  
독일 67063 루드비히샤펜 암 라인 인더스트리스트  
라쎄 35  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 16 항

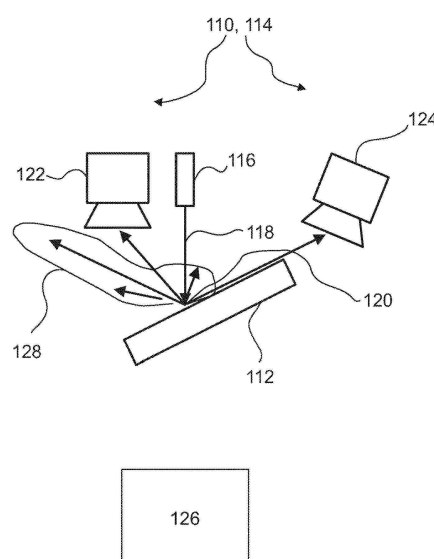
(54) 발명의 명칭 스테레오 빔 프로파일 분석에 의한 향상된 재료 검출

(57) 요약

적어도 하나의 물체(112)의 적어도 하나의 재료 속성을 결정하기 위한 검출기(110)가 제안된다. 검출기(110)는,  
- 복수의 조명 특징(120)을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴(118)으로 물체(112)를 조명하도록 구성된 적어도 하나의 프로젝터(116)와; - 적어도 하나의 제1 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제1 카메라(122) - 제1 센서 요

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



소는 제1 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제1 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제1 광 센서는 물체(112)로부터 제1 카메라(122)로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제1 카메라(122)는 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제1 카메라(122)는 제1 반사 이미지가 물체(112)에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열됨 - 와; - 적어도 하나의 제2 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제2 카메라(124) - 제2 센서 요소는 제2 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제2 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제2 광 센서는 물체(112)로부터 제2 카메라(124)로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제2 카메라(124)는 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제2 카메라(124)는 제2 반사 이미지가 물체(112)에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열되고, 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이함 - 와; - 제1 반사 이미지 및 상기 제2 반사 이미지를 평가하도록 구성된 적어도 하나의 평가 디바이스(126) - 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정함 - 를 포함한다.

(52) CPC특허분류

*G01N 21/4738* (2013.01)  
*G01N 21/49* (2013.01)  
*G06T 7/0002* (2013.01)  
*G06T 7/521* (2017.01)  
*G06T 7/593* (2017.01)  
*G06V 10/60* (2023.08)  
*G06V 10/751* (2023.08)  
*H04N 13/239* (2021.08)  
*H04N 13/254* (2018.05)

(72) 발명자

**렌나르츠 크리스티안**

독일 67063 루트비히샤펜 암 라인 인더스트리스트  
 라체 35

**영거 제이콥**

독일 79106 프라이부르크 임 브라이스가우 엘렌-고  
 틀리브-스트라체 17

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나의 물체(112)의 적어도 하나의 재료 속성을 결정하기 위한 검출기(110)로서,

복수의 조명 특징(120)을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴(118)에 의해 상기 물체(112)를 조명하도록 구성된 적어도 하나의 프로젝터(116)와;

적어도 하나의 제1 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제1 카메라(122) - 상기 제1 센서 요소는 제1 광 센서의 매트릭스를 갖고, 상기 제1 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제1 광 센서는 상기 물체(112)로부터 상기 제1 카메라(122)로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 상기 제1 카메라(122)는 상기 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 상기 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 상기 제1 카메라(122)는 상기 제1 반사 이미지가 상기 물체(112)에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열됨 - 와;

적어도 하나의 제2 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제2 카메라(124) - 상기 제2 센서 요소는 제2 광 센서의 매트릭스를 갖고, 상기 제2 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제2 광 센서는 상기 물체(112)로부터 상기 제2 카메라(124)로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 상기 제2 카메라(124)는 상기 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 상기 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 상기 제2 카메라(124)는 상기 제2 반사 이미지가 상기 물체(112)에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열되고, 상기 제1 시야 방향과 상기 제2 시야 방향은 상이함 - 와;

상기 제1 반사 이미지 및 상기 제2 반사 이미지를 평가하도록 구성된 적어도 하나의 평가 디바이스(126) - 상기 평가는 상기 제1 반사 특징과 상기 제2 반사 특징을 매칭하는 것과, 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하는 것을 포함함 - 를 포함하는,

검출기(110).

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 카메라(122)와 상기 프로젝터(116) 사이의 베이스라인은 상기 제2 카메라(124)와 상기 프로젝터(116) 사이의 베이스라인보다 짧은,

검출기(110).

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 평가 디바이스(126)는 상기 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 양방향 반사 분포 함수(128)를 결정하도록 구성되고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 양방향 반사 분포 함수(128)를 평가함으로써 상기 조합된 재료 속성을 결정하도록 구성되는,

검출기(110).

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 양방향 반사 분포 함수(128)를 평가하는 것은 상기 양방향 상기 반사 분포 함수(128)를 적어도 하나의 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수와 비교하는 것을 포함하는,

검출기(110).

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 평가 디바이스(126)는 제1 재료 속성을 상기 제1 반사 특징의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하고 제2 재료 속성을 상기 제2 반사 특징의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성되고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 제1 재료 속성 및 상기 제2 재료 속성을 조합하여 상기 조합된 재료 속성을 결정하도록 구성되는,

검출기(110).

#### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 패턴은 적어도 4000개의 조명 특징을 포함하는,

검출기(110).

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 카메라(122)는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함하고, 제2 카메라(124)는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함하는,

검출기(110).

#### 청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 평가 디바이스(126)는 상기 제1 반사 특징의 각각에 대한 종방향 좌표를 이들 특징 각각의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성되고, 상기 빔 프로파일의 분석은 상기 빔 프로파일의 적어도 하나의 제1 영역 및 적어도 하나의 제2 영역을 결정하는 것을 포함하고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역을 분할하는 것, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역의 배수를 분할하는 것, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역의 선형 조합을 분할하는 것 중 하나 이상에 의해 조합된 신호(Q)를 도출하도록 구성되고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 조합된 신호(Q)와 종방향 좌표 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 상기 종방향 좌표를 결정하도록 구성되는,

검출기(110).

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 평가 디바이스(126)는 상기 결정된 종방향 좌표를 사용함으로써 상기 제1 반사 특징과 상기 제2 반사 특징을 매칭하도록 구성되고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 제1 반사 특징의 각각에 대해 종방향 영역을 결정하도록 구성되고, 상기 종방향 영역은 상기 반사 특징의 종방향 좌표 및 에러 구간( $\pm \epsilon$ )에 의해 주어지고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 종방향 영역에 대응하는 상기 제2 반사 이미지에서 적어도 하나의 변위 영역을 결정하도록 구성되고, 상기 평가 디바이스(126)는 상기 변위 영역 내에서 상기 제1 반사 특징 중 하나와 상기 제2 반사 특징 중 하나를 각각 매칭하도록 구성되는,

검출기(110).

#### 청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 평가 디바이스(126)는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 변위를 결정하도록 구성되고, 상기 변위는 상기 제1 반사 이미지 내의 상기 제1 반사 특징의 이미지 위치와 상기 제2 반사 이미지 내의 상기 제2 반사 특징의 이미

지 위치 간의 차이이고, 상기 평가 디바이스(126)는 종방향 좌표와 상기 변위 간의 미리 결정된 관계를 사용하는 삼각측량에 의해 정제된 종방향 좌표를 결정하도록 구성되는,

검출기(110).

#### 청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 재료 속성을 식별하기 위한 적어도 하나의 검출기(110)를 사용하여 적어도 하나의 물체(112)의 재료 속성을 결정하기 위한 방법으로서,

- a) 상기 프로젝터(116)를 사용하여 복수의 조명 특징(120)을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴(118)으로 상기 물체(112)를 조명하는 단계(130)와;
- b) 상기 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 상기 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 상기 제1 카메라(122)를 사용하여 이미징하는 단계(132) - 상기 제1 카메라(122)는 상기 물체(112)에 대한 제1 시야 방향 하에서 상기 제1 반사 이미지가 이미징되도록 배열됨 - 와;
- c) 상기 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 상기 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 상기 제2 카메라(124)를 사용하여 이미징하는 단계(134) - 상기 제2 카메라(124)는 상기 물체(112)에 대한 제2 시야 방향 하에서 상기 제2 반사 이미지가 이미징되도록 배열되고, 상기 제1 시야 방향과 상기 제2 시야 방향은 상이함 - 와;
- d) 상기 제1 반사 이미지 및 상기 제2 반사 이미지를 상기 평가 디바이스(126)를 사용함으로써 평가하는 단계(136) - 상기 평가는 상기 제1 반사 특징과 상기 제2 반사 특징을 매칭하는 것과, 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하는 것을 포함함 - 를 포함하는

방법.

#### 청구항 12

명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 명령어는, 상기 프로그램이 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 검출기(110)에 의해 실행될 때, 상기 검출기로 하여금 제11항에 따른 방법을 수행하게 하는,

컴퓨터 프로그램.

#### 청구항 13

명령어를 포함하는 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서,

상기 명령어는, 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 상기 검출기(110)에 의해 실행될 때, 상기 검출기로 하여금 제11항에 따른 방법을 수행하게 하는,

컴퓨터 판독가능 저장 매체.

#### 청구항 14

명령어를 포함하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체로서,

상기 명령어는, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 제11항에 따른 방법을 수행하게 하는,

비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

#### 청구항 15

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 검출기(110)를 포함하는 모바일 디바이스(114)로서,

상기 모바일 디바이스(114)는 이동 통신 디바이스, 태블릿 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터 중 하나 이상인,

모바일 디바이스(114).

**청구항 16**

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 검출기(110)의 용도로서,

교통 기술에서의 위치 측정; 엔터테인먼트 애플리케이션; 보안 애플리케이션; 감시 애플리케이션; 안전 애플리케이션; 인간-기계 인터페이스 애플리케이션; 물류 애플리케이션; 추적 애플리케이션; 실외 애플리케이션; 모바일 애플리케이션; 통신 애플리케이션; 사진 애플리케이션; 머신 비전 애플리케이션; 로봇 공학 애플리케이션; 품질 제어 애플리케이션; 제조 애플리케이션; 보행 모니터링 애플리케이션; 인체 모니터링 애플리케이션; 홈 케어; 스마트 리빙; 자동차 애플리케이션으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 사용의 목적을 위한,

검출기의 용도.

**발명의 설명****기술 분야**

[0001] 본 발명은 적어도 하나의 재료 속성을 결정하기 위한 검출기, 재료 속성을 결정하기 위한 방법, 모바일 디바이스 및 다양한 용도에 관한 것이다. 본 발명에 따른 디바이스, 방법 및 용도는 구체적으로 예를 들어 일상 생활의 다양한 영역, 보안 기술, 게임, 교통 기술, 생산 기술, 예술, 문서화 또는 기술 목적을 위한 디지털 사진 또는 비디오 사진과 같은 사진, 안전 기술, 정보 기술, 농업, 작물 보호, 유지 보수, 화장품, 의료 기술 또는 과학 분야에서 사용될 수 있다. 그러나, 다른 응용도 가능하다.

**배경 기술**

[0002] 광자 비율 기반 깊이(depth-from-photon-ratio, DPR) 기법이라고도 하는, 빔 프로파일 분석(beam profile analysis, BPA)을 사용한 깊이 측정이 일반적으로 알려져 있다. 빔 프로파일 분석에 관해서는, WO 2018/091649 A1, WO 2018/091638 A1, WO 2018/091640 A1 및 C. Lennartz, F. Schick, S. Metz의 문헌 ["Whitepaper - Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection" 2021년 4월 28일, 독일 루드비히스하펜(Ludwigshafen)]이 참조되는데, 그 전체 내용은 참조로 포함된다.

[0003] 빔 프로파일 분석을 사용한 재료 분류 및/또는 식별은, 예를 들어 WO 2020/187719로부터 알려져 있다. 예를 들어, 재료 분류 및/또는 식별은 머신 비전 애플리케이션, 의료 애플리케이션 및 보안 애플리케이션에서, 이미지 분류 용도로 또는 제스처 인식 알고리즘에서 사용될 수 있다.

[0004] BPA 3D 측정 시스템은 빔 프로파일을 고려하여 관련 재료 정보를 추출한다. BPA 3D 측정 시스템은 하나의 카메라 및 하나의 프로젝터를 갖는다.

[0005] WO 2020/187719는 적어도 하나의 재료 속성(m)을 식별하기 위한 검출기를 설명한다. 검출기는 광학 센서의 매트릭스를 포함하는 적어도 하나의 센서 요소를 포함한다. 광학 센서는 각각 감광 영역을 갖는다. 센서 요소는 적어도 하나의 물체로부터 발생하는 광 빔의 적어도 하나의 반사 이미지를 기록하도록 구성된다. 검출기는 재료 속성을 반사 이미지의 적어도 하나의 빔 프로파일의 평가에 의해 결정하도록 구성된 적어도 하나의 평가 디바이스를 포함한다. 평가 디바이스는 적어도 하나의 거리 의존적 이미지 필터를 반사 이미지에 적용함으로써 적어도 하나의 거리 특징을 결정하도록 구성된다. 평가 디바이스는 적어도 하나의 재료 의존적 이미지 필터를 반사 이미지에 적용함으로써 적어도 하나의 재료 특징을 결정하도록 구성된다. 평가 디바이스는 거리 특징 및 재료 특징을 평가함으로써 종방향 좌표(z) 및 재료 속성(m)을 결정하도록 구성된다.

[0006] 그러나, 위에서 설명된 성과에도 불구하고, 신뢰할 수 있는 재료 분류 및/또는 식별은 여전히 진행 중인 과제이다.

**발명의 내용****해결하려는 과제**

[0007] 그러므로, 본 발명의 목적은 공지된 디바이스 및 방법의 전술한 기술적 과제에 직면한 디바이스 및 방법을 제공하는 것이다. 구체적으로, 본 발명의 목적은 바람직하게는 적은 기술적 노력으로 그리고 기술적 자원 및 비용 측면에서 낮은 요구 조건으로, 물체의 적어도 하나의 재료 속성을 신뢰성 있게 식별할 수 있는 디바이스 및 방법을 제공하는 것이다.

## 과제의 해결 수단

- [0008] 이 과제는 독립 특허 청구항의 특징을 갖는 본 발명에 의해 해결된다. 개별적으로 또는 조합하여 실현될 수 있는 본 발명의 유리한 발전은 종속항 및/또는 다음의 명세서 및 상세한 실시예에서 제시된다.
- [0009] 본 발명의 제1 양태에서, 적어도 하나의 물체의 적어도 하나의 재료 속성을 결정하기 위한 검출기가 개시된다.
- [0010] 본 명세서에서 사용되는 "검출기"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 적어도 하나의 물체를 결정 및/또는 검출 및/또는 감지하도록 구성된 임의의 센서 디바이스를 의미할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 검출기는 고정 디바이스 또는 모바일 디바이스일 수 있다. 또한, 검출기는 독립형 디바이스일 수 있거나 컴퓨터, 차량 또는 임의의 다른 디바이스와 같은 다른 디바이스의 일부를 형성할 수 있다. 또한, 검출기는 핸드-헬드 디바이스일 수 있다. 검출기의 다른 실시예도 가능하다. 검출기는 모바일 폰 또는 스마트폰과 같은 모바일 디바이스에 부착되거나 그 안에 통합되는 것 중 하나일 수 있다. 검출기는 모바일 디바이스에, 예를 들어 모바일 디바이스의 하우징 내에 통합될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 검출기 또는 검출기의 적어도 하나의 컴포넌트는 예를 들어 USB와 같은 커넥터 또는 헤드폰 잭과 같은 폰-커넥터를 사용함으로써 모바일 디바이스에 부착될 수 있다.
- [0011] 본 명세서에서 사용되는 "물체"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 임의의 물체, 특히 물체에 충돌하는 적어도 하나의 광 빔에 응답하여 반사 및/또는 산란 및/또는 방출 중 적어도 부분적으로 하나 이상에 대해 구성된 표면 또는 영역을 지칭할 수 있다. 광 빔은 물체를 조명하는 프로젝터로부터 발생될 수 있고, 여기서 광 빔은 물체에 의해 반사 및/또는 산란된다. 예를 들어, 물체는 장면, 사람과 같은 인간, 목재, 카펫, 폼(foam), 소와 같은 동물, 식물, 휴지 조각, 금속, 장난감, 금속성 물체, 음료, 과일과 같은 식품, 고기, 생선, 접시, 화장품, 응용 화장품, 천, 모피, 모발, 유지 관리용품, 크림, 오일, 분말, 카펫, 주스, 현탁액, 페인트, 식물, 신체, 신체의 일부, 유기 재료, 무기 재료, 반사 재료, 스크린, 디스플레이, 벽, 사진과 같은 종이 시트로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 물체일 수 있다.
- [0012] 본 명세서에서 사용되는 "재료 속성"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 재료를 특징화 및/또는 식별 및/또는 분류하도록 구성된 재료의 적어도 하나의 임의의 속성을 지칭할 수 있다. 예를 들어, 재료 속성은 거칠기, 재료 내로 광의 침투 깊이, 재료를 생물학적 또는 비생물학적 재료로 특징화하는 속성, 반사율, 스펙큘러 반사율(specular reflectivity), 확산 반사율, 표면 속성, 반투명도 측정, 산란, 구체적으로 후방 산란 거동 또는 등등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 속성일 수 있다. 적어도 하나의 재료 속성은 산란 계수, 반투명도, 투명도, 램버시안 표면 반사(Lambertian surface reflection)로부터의 편차, 스펙클(speckle) 및 등등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 속성일 수 있다.
- [0013] 본 명세서에서 사용되는 "적어도 하나의 재료 속성을 결정하는"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 재료 속성을 식별화하고, 특징화하며 물체에 할당하는 것 중 하나 이상을 지칭할 수 있다. 검출기는 미리 정의된 및/또는 미리 결정된 재료 속성의 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 리스트 및/또는 테이블을 포함하는 적어도 하나의 데이터베이스를 포함할 수 있다. 재료 속성 리스트 및/또는 테이블은 검출기를 사용하여 적어도 하나의 테스트 측정을 수행함으로써, 예를 들어 알려진 재료 속성을 갖는 샘플을 사용하여 재료 테스트를 수행함으로써 결정 및/또는 생성될 수 있다. 재료 속성 리스트 및/또는 테이블은 제조자 현장에서 그리고/또는 검출기의 사용자에게 의해 결정 및/또는 생성될 수 있다. 재료 속성은 재료 명칭, 생물학적 또는 비생물학적 재료와 같은 재료 그룹, 반투명 또는 비반투명 재료, 금속 또는 비금속, 피부 또는 비피부, 모피 또는 비모피, 카펫 또는 비카펫, 반사 또는 비반사, 스펙큘러(specular) 반사 또는 비스펙큘러 반사, 폼 또는 비폼, 모발 또는 비모발, 거칠기 그룹 또는 등등 중 하나 이상과 같은 재료 분류기에 추가로 할당될 수 있다. 검출기는 재료 속성 및 연관된 재료 명칭 및/또는 재료 그룹을 포함하는 리스트 및/또는 테이블을 포함하는 적어도 하나의 데이터베이스를 포함할 수 있다.

[0014] 검출기는

- [0015] - 물체를 복수의 조명 특징을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴에 의해 조명하도록 구성된 적어도 하나의 프로젝터와;
- [0016] - 적어도 하나의 제1 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제1 카메라 - 제1 센서 요소는 제1 광 센서들의 매트릭스를 갖고, 제1 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제1 광 센서는 물체로부터 제1 카메라로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제1 카메라는 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제1 카메라는 제1 반사 이미지가 물체에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열됨 - 와;
- [0017] - 적어도 하나의 제2 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제2 카메라 - 제2 센서 요소는 제2 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제2 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 여기서 각각의 제2 광 센서는 물체로부터 제2 카메라로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제2 카메라는 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제2 카메라는 제2 반사 이미지가 물체에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열되고, 여기서 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이함 - 와;
- [0018] - 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가하도록 구성된 적어도 하나의 평가 디바이스 - 여기서 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정함 - 를 포함한다.
- [0019] 본 명세서에서 사용되는 광 프로젝터라고도 하는 "프로젝터"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 적어도 하나의 조명 패턴을 물체 상에, 구체적으로는 물체의 표면 상에 투영하도록 구성된 광학 디바이스를 지칭할 수 있다. 프로젝터는 적어도 하나의 물체를 복수의 조명 특징을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴에 의해 조명하도록 구성된다.
- [0020] 본 명세서에서 사용되는 "패턴"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 심볼과 같은 복수의 임의로 형성화된 특징을 포함하는 임의의 알려진 또는 미리 결정된 배열을 지칭할 수 있다. 패턴은 복수의 특징을 포함할 수 있다. 패턴은 주기적 또는 비주기적 특징의 배열을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "적어도 하나의 조명 패턴"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 물체의 적어도 하나의 부분을 조명하도록 적응된 조명 특징을 포함하는 적어도 하나의 임의의 패턴을 지칭할 수 있다.
- [0021] 본 명세서에서 사용되는 "조명 특징"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 패턴의 적어도 하나의 적어도 부분적으로 확장된 특징을 지칭할 수 있다. 조명 패턴은 복수의 조명 특징을 포함한다. 예를 들어, 조명 패턴은 적어도 4000개 또는 심지어는 보다 많은 조명 특징을 포함한다.
- [0022] 조명 패턴은 규칙적인, 특히 주기적인 패턴일 수 있다. 그러나, 다른 비정규 패턴도 가능할 수 있다.
- [0023] 조명 패턴은 적어도 하나의 준랜덤 패턴(quasi random pattern); 적어도 하나의 소볼 패턴(Sobol pattern); 적어도 하나의 준주기 패턴(quasiperiodic pattern); 적어도 하나의 포인트 패턴(point pattern), 특히 의사 랜덤 포인트 패턴(pseudo-random point pattern); 적어도 하나의 라인 패턴; 적어도 하나의 스트라이프 패턴; 적어도 하나의 체커보드 패턴(checkerboard pattern); 적어도 하나의 삼각형 패턴; 적어도 하나의 직사각형 패턴; 적어도 하나의 육각형 패턴 또는 추가 볼록 타일링(convex tiling)을 포함하는 패턴으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 패턴을 포함할 수 있다. 조명 패턴은 적어도 하나의 포인트; 적어도 하나의 라인; 평행 또는 교차 라인과 같은 적어도 2개의 라인; 적어도 하나의 포인트 및 하나의 라인; 적어도 하나의 주기적 특징의 배열; 적어도 하나의 임의의 형상의 특징 패턴으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 조명 특징을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 조명 패턴은 적어도 하나의 미리 알려진 특징을 포함하는 적어도 하나의 패턴을 포함한다. 예를 들어, 조명 패턴은 적어도 하나의 라인을 포함하는 적어도 하나의 라인 패턴을 포함한다. 예를 들어, 조명 패턴은 평행 또는 교차 라인과 같은 적어도 2개의 라인을 포함하는 적어도 하나의 라인 패턴을

포함한다. 예를 들어, 프로젝터는 포인트 또는 비-포인트-유사 특징(non-point-like feature)의 클라운드를 생성 및/또는 투사하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로젝터는 조명 패턴이 복수의 포인트 특징 또는 비-포인트-유사 특징을 포함할 수 있도록 포인트 또는 비-포인트-유사 특징의 클라운드를 생성하도록 구성될 수 있다.

[0024] 본 명세서에서 또한 사용되는 바와 같이, "물체를 적어도 하나의 조명 패턴에 의해 조명하는"이라는 용어는 적어도 하나의 물체를 조명하기 위한 적어도 하나의 조명 패턴을 제공하는 것을 지칭할 수 있다.

[0025] 본 명세서에서 사용되는 "레이(ray)"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 에너지 흐름 방향을 가리키는 광의 파면(wavefronts of light)에 수직인 라인을 지칭할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "빔(beam)"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 레이의 집합을 지칭할 수 있다. 아래에서, 용어 "레이" 및 "빔"은 동의어로 사용될 것이다. 본 명세서에서 사용되는 "광 빔"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며, 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 광의 양, 구체적으로는 광 빔이 확산 각도 또는 확대 각도를 가질 가능성을 비롯하여 본질적으로 동일한 방향으로 진행하는 광의 양을 지칭할 수 있다. 광 빔은 공간적으로 확장될 수 있다. 구체적으로, 광 빔은 비-가우시안 빔 프로파일(non-Gaussian beam profile)을 가질 수 있다. 빔 프로파일은 사다리꼴 빔 프로파일; 삼각형 빔 프로파일; 원추형 빔 프로파일로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다. 사다리꼴 빔 프로파일은 고원 영역(plateau region) 및 적어도 하나의 에지 영역을 가질 수 있다. 광 빔은 구체적으로, 아래에서 더 상세히 설명될 바와 같이, 가우시안 광 빔 또는 가우시안 광 빔들의 선형 조합일 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다.

[0026] 프로젝터는 적어도 하나의 이미터 및/또는 적어도 하나의 이미터 어레이를 포함할 수 있다. 각각의 이미터는 적어도 하나의 광 빔을 방출하도록 구성될 수 있다.

[0027] 이미터(emitter)에 의해 생성된 광 빔은 일반적으로 광학 축에 대해 평행하게 또는 광학 축에 대해 경사지게, 예를 들어 광학 축과 각도를 이루어 전파될 수 있다. 검출기는 광 빔 또는 광 빔들이 검출기로부터 검출기의 광학 축을 따라 물체를 향해 전파되도록 구성될 수 있다. 이러한 목적을 위해, 검출기는 광 빔을 광학 축 상으로 편향시키기 위한 적어도 하나의 반사 요소, 바람직하게는 적어도 하나의 프리즘을 포함할 수 있다. 예로서, 광 빔 및 광축은  $10^\circ$  미만, 바람직하게는  $5^\circ$  미만 또는 심지어는  $2^\circ$  미만의 각도를 포함할 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다. 또한, 광 빔은 광축 상에 또는 광축 밖에 있을 수 있다. 예로서, 광 빔 또는 광 빔들은 광축에 대해 10 mm 미만, 바람직하게는 광축에 대해 5 mm 미만, 또는 심지어는 광축에 대해 1 mm 미만의 거리를 두고 광 축에 평행할 수 있거나, 또는 심지어 광축과 일치할 수 있다.

[0028] 본 명세서에서 사용되는 용어 "이미터"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 물체의 조명을 위한 적어도 하나의 광 빔을 제공하도록 구성된 적어도 하나의 임의의 디바이스를 지칭할 수 있다. 이미터 각각은 적어도 하나의 반도체 레이저, 적어도 하나의 이중 헤테로 구조 레이저, 적어도 하나의 외부 공동 레이저, 적어도 하나의 개별 한정 헤테로구조 레이저, 적어도 하나의 양자 캐스케이드 레이저, 적어도 하나의 분산 브래그 반사기 레이저, 적어도 하나의 폴라리톤 레이저, 적어도 하나의 하이브리드 실리콘 레이저, 적어도 하나의 확장 공동 다이오드 레이저, 적어도 하나의 양자점 레이저, 적어도 하나의 볼륨 브래그 격자 레이저, 적어도 하나의 인듐 비소 레이저, 적어도 하나의 갈륨 비소 레이저, 적어도 하나의 트랜지스터 레이저, 적어도 하나의 다이오드 펌핑 레이저, 적어도 하나의 분산 피드백 레이저, 적어도 하나의 양자 우물 레이저, 적어도 하나의 대역 간 캐스케이드 레이저, 적어도 하나의 반도체 링 레이저, 적어도 하나의 수직 공동 표면-방출 레이저(VCSEL)와 같은 적어도 하나의 레이저 소스; 적어도 하나의 LED 또는 적어도 하나의 전구와 같은 적어도 하나의 비-레이저 광원으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 요소일 수 있고/있거나 이를 포함할 수 있다.

[0029] 이미터 어레이는 2차원 또는 1차원 어레이일 수 있다. 어레이는 매트릭스로 배열된 복수의 이미터를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "매트릭스"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 복수의 요소가 미리 결정된 기하학적 순서로 배열된 것을 지칭할 수 있다. 매트릭스는 구체적으로 하나 이상의 행 및 하나 이상의 열을 갖는 직사각형 매트릭스이거나 이를 포함할 수 있

다. 행 및 열은 구체적으로 직사각형 방식으로 배열될 수 있다. 그러나, 비-직사각형 배열과 같은 다른 배열이 가능하다. 예로서, 원형 배열이 또한 가능한데, 여기서 요소는 중심 포인트를 중심으로 동심 원 또는 타원으로 배열된다.

[0030] 예를 들어, 이미터는 VCSEL 어레이일 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 용어 “수직 공동 표면 방출 레이저”는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 상부 표면에 대해 수직으로 레이저 빔을 방출하도록 구성된 반도체 레이저 다이오드를 지칭할 수 있다. VCSEL에 대한 예는 예를 들어 [en.wikipedia.org/wiki/Vertical-cavity\\_surface-emitting\\_laser](http://en.wikipedia.org/wiki/Vertical-cavity_surface-emitting_laser)에서 찾을 수 있다. VCSEL은 일반적으로 예를 들어 WO 2017/222618 A로부터 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 알려져 있다. VCSEL 각각은 적어도 하나의 광 빔을 생성하도록 구성된다. VCSEL은 공통 기판 상에 또는 상이한 기판 상에 배열될 수 있다. 어레이는 최대 2500개의 VCSEL을 포함할 수 있다. 예를 들어, 어레이는 3.5 W를 갖는 고 전력 어레이와 같은 38x25개 VCSEL을 포함할 수 있다. 예를 들어, 어레이는 2.5 W를 갖는 10x27개 VCSEL을 포함할 수 있다. 예를 들어, 어레이는 0.9W를 갖는 96개 VCSEL을 포함할 수 있다. 어레이의 크기, 예를 들어 2500개 요소의 크기는 최대 2 mm x 2 mm일 수 있다.

[0031] 각각의 이미터에서 방출되는 광 빔은 300 내지 1100 nm, 바람직하게는 500 내지 1100 nm의 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 광 빔은 940 nm의 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 780 nm 내지 3.0  $\mu$ m의 범위와 같은 적외선 스펙트럼 범위의 광이 사용될 수 있다. 구체적으로, 실리콘 포토다이오드가 적용될 수 있는 근적외선 영역 부분의 광이 구체적으로 700 nm 내지 1100 nm의 범위에서 사용될 수 있다. 이미터는 적외선 영역, 특히 근적외선 영역에서 적어도 하나의 조명 패턴을 생성하도록 구성될 수 있다. 근적외선 영역의 광을 사용하는 것은 광이 인간의 눈에 의해 검출되지 않거나 약하게만 검출되고 실리콘 센서, 특히 표준 실리콘 센서에 의해 여전히 검출 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 이미터는 VCSEL 어레이일 수 있다. VCSEL은 800 내지 1000 nm 파장 범위의 광 빔을 방출하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, VCSEL은 808 nm, 850 nm, 940 nm, 또는 980 nm에서 광 빔을 방출하도록 구성될 수 있다. 바람직하게는, VCSEL은 940 nm에서 광을 방출하는데, 이는 예를 들어 CIE 085-1989 "Solar spectral Irradiance"에 기재된 바와 같이, 지상 태양 복사가 이 파장에서 국부적으로 최소 조도를 갖기 때문이다.

[0032] 프로젝터는 이송 디바이스에 충돌하는 광 빔으로부터 조명 특징을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 이송 디바이스(transfer device)를 포함할 수 있다. "이송 시스템"이라고도 하는 용어 "이송 디바이스"는 일반적으로, 예를 들어 광 빔의 빔 파라미터, 광 빔의 폭 또는 광 빔의 방향 중 하나 이상을 수정함으로써, 광 빔을 수정하도록 적응된 하나 이상의 광학 요소를 지칭할 수 있다. 이송 디바이스는 적어도 하나의 이미징 광학 디바이스를 포함할 수 있다. 이송 디바이스는 구체적으로 적어도 하나의 렌즈, 예를 들어 적어도 하나의 초점-조정 가능한 렌즈, 적어도 하나의 비구면 렌즈, 적어도 하나의 구면 렌즈, 적어도 하나의 프레넬 렌즈로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 렌즈; 적어도 하나의 회절 광학 요소; 적어도 하나의 오목 거울; 적어도 하나의 빔 편향 요소, 바람직하게는 적어도 하나의 거울; 적어도 하나의 빔 분할 요소, 바람직하게는 빔 분할 큐브 또는 빔 분할 거울 중 적어도 하나; 적어도 하나의 다중 렌즈 시스템; 적어도 하나의 홀로그래픽 광학 요소; 적어도 하나의 메타 광학 요소 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 이송 디바이스는 적어도 하나의 굴절 광학 렌즈 스택을 포함한다. 따라서, 이송 디바이스는 굴절 속성을 갖는 다중 렌즈 시스템을 포함할 수 있다.

[0033] 프로젝터는 조명 패턴을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 회절 광학 요소(diffractive optical element, DOE)를 포함할 수 있다. DOE는 단일의 입사 광 빔(incoming light beam)으로부터 다수의 광 빔을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0034] 물체는 조명 패턴이 투사되는 적어도 하나의 표면을 포함할 수 있다. 표면은 조명 패턴을 적어도 부분적으로 검출기를 향해 후방 반사하도록 적응될 수 있다. 예를 들어, 이 이론에 구속되지 않을지라도, 인간 피부는 표면 반사라고 하는 표면의 후방 반사에 의해 생성된 부분, 및 후방 반사의 확산 부분이라고 하는 피부를 침투하는 광으로부터의 확산 반사에 의해 생성된 부분을 포함하는 후방 산란 프로파일이라고도 하는 반사 프로파일을 가질 수 있다. 인간 피부의 반사 프로파일에 관해서는, "Lasertechnik in der Medizin: Grundlagen, Systeme, Anwendungen", "Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe", 1991, 171~266페이지, Jürgen Eichler, Theo Seiler, Springer Verlag, ISBN 0939-0979가 참조된다. 피부의 표면 반사는 파장이 근적외선을 향해 증가함에 따라 증가할 수 있다. 또한, 침투 깊이는 파장이 가시광으로부터 근적외선으로 증가함에 따라 증가할 수 있다. 후방 반사의 확산 부분은 광의 침투 깊이에 따라 증가할 수 있다. 이러한 재료 속성은 구체적으로는

후방 산란 프로파일을 분석함으로써 피부를 다른 재료와 구별하기 위해 사용될 수 있다.

- [0035] 제1 카메라는 제1 광학 센서의 매트릭스를 갖는 적어도 하나의 제1 센서 요소를 갖는다. 제1 광학 센서 각각은 감광 영역을 갖는다. 각각의 제1 광학 센서는 물체로부터 제1 카메라로 전파하는 광 빔에 의한 센서 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계된다. 제2 카메라는 제2 광학 센서의 매트릭스를 갖는 적어도 하나의 제2 센서 요소를 갖는다. 제2 광학 센서 각각은 감광 영역을 갖는다. 각각의 제2 광학 센서는 물체로부터 제2 카메라로 전파하는 광 빔에 의한 센서 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계된다.
- [0036] 제1 카메라는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함할 수 있다. 제2 카메라는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함할 수 있다.
- [0037] 제1 및 제2 카메라는 동일하게 또는 상이하게 설계될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 카메라는 동일하거나 상이한 해상도를 가질 수 있다. 아래에서, 접두사 "제1" 및 "제2"가 없이 참조되는 데, 예를 들어 "카메라", "센서 요소", 및 "광학 센서"를 제1 카메라 및 제2 카메라에 유효하고/하거나 가능한 요소, 정의 및 실시예로 참조한다.
- [0038] 본 명세서에서 사용되는 "카메라"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 공간적 해독 1차원, 2차원 또는 심지어는 3차원 광학 데이터 또는 정보를 기록 또는 캡처하도록 구성된 적어도 하나의 이미징 요소를 갖는 디바이스를 지칭할 수 있다. 카메라는 디지털 카메라일 수 있다. 예로서, 카메라는, 이미지를 기록하도록 구성된 적어도 하나의 CCD 칩 및/또는 적어도 하나의 CMOS 칩과 같은, 적어도 하나의 카메라 칩을 포함한다. 카메라는 적어도 하나의 근적외선 카메라일 수 있거나 이를 포함할 수 있다.
- [0039] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 제한 없이, "이미지"라는 용어는 구체적으로 카메라를 사용함으로써 기록된 데이터, 이를테면, 카메라 칩의 픽셀과 같은, 이미징 디바이스로부터의 복수의 전자 판독치에 관한 것일 수 있다. 이미지 자체는 픽셀을 포함할 수 있고, 이미지의 픽셀은 센서 요소의 매트릭스의 픽셀과 상관관계가 있다. 결과적으로, "픽셀"을 언급할 때, 센서 요소의 단일 픽셀에 의해 생성된 이미지 정보의 단위 또는 센서 요소의 단일 픽셀이 직접적으로 참조된다. 이미지는 적어도 하나의 2차원 이미지일 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "2차원 이미지"라는 용어는 일반적으로 높이 및 폭의 치수와 같은 가로 좌표에 관한 정보를 갖는 이미지를 지칭할 수 있다. 이미지는 RGB(red green blue, 적 녹 청) 이미지일 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다.
- [0040] 카메라는, 적어도 하나의 카메라 칩 또는 이미징 칩 외에, 하나 이상의 광학 요소, 예를 들어 하나 이상의 렌즈와 같은 추가 요소를 포함할 수 있다. 예로서, 카메라는 카메라에 대해 고정적으로 조정된 적어도 하나의 렌즈를 갖는 고정-초점 카메라(fix-focus camera)일 수 있다. 대안적으로, 그러나, 카메라는 자동 또는 수동으로 조정될 수 있는 하나 이상의 가변 렌즈를 포함할 수 있다.
- [0041] 카메라는 노트북 컴퓨터, 태블릿, 또는 구체적으로 스마트폰 및 등등과 같은 휴대폰과 같은 모바일 디바이스의 카메라일 수 있다. 따라서, 구체적으로, 카메라는 카메라 외에, 하나 이상의 데이터 프로세서와 같은 하나 이상의 데이터 처리 디바이스를 포함하는 모바일 디바이스의 일부일 수 있다. 그러나, 다른 카메라도 가능하다. 본 명세서에서 사용되는 "모바일 디바이스"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 모바일 전자 디바이스를 지칭할 수 있으며, 보다 구체적으로는 셀 폰 또는 스마트폰과 같은 모바일 통신 디바이스를 지칭할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 모바일 디바이스는 또한 태블릿 컴퓨터 또는 다른 유형의 휴대용 컴퓨터를 지칭할 수 있다.
- [0042] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "센서 요소"라는 용어는 일반적으로 적어도 하나의 파라미터를 감지하도록 구성된 디바이스 또는 복수개 디바이스의 조합을 지칭할 수 있다. 이 경우, 파라미터는 구체적으로 광학 파라미터일 수 있고, 센서 요소는 구체적으로 광학 센서 요소일 수 있다. 센서 요소는 1개의 단일 디바이스로서 또는 여러 디바이스의 조합으로서 형성될 수 있다. 매트릭스는 구체적으로 하나 이상의 행 및 하나 이상의 열을 갖는 직사각형 매트릭스이거나 이를 포함할 수 있다. 행 및 열은 구체적으로 직사각형 방식으로 배열될 수 있다. 그러나, 비-직사각형 배열과 같은 다른 배열이 가능하다. 예로서, 원형 배열이 또한 가능한데, 여기서 요소는 중심 포인트를 중심으로 동심 원 또는 타원으로 배열된다. 예를 들어, 행렬은 픽셀의 단일 행일 수 있다.

다른 배열도 가능하다.

[0043] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "광학 센서"는 일반적으로 적어도 하나의 광 빔에 의해 생성된 조명 및/또는 광 스폿을 검출하기 위한 것과 같은 감광 디바이스를 지칭할 수 있다. 본 명세서에서 또한 사용되는 바와 같이, "감광 영역"은 일반적으로, 적어도 하나의 센서 신호가 생성되는 조명에 응답하여, 적어도 하나의 광 빔에 의해, 외부적으로 조명될 수 있는 광학 센서의 영역을 지칭한다. 감광 영역은 구체적으로 각각의 광학 센서의 표면에 위치할 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다. 매트릭스의 광학 센서는 구체적으로 크기, 감도 및 다른 광학, 전기 및 기계적 속성 중 하나 이상이 동일할 수 있다. 매트릭스의 모든 광학 센서의 감광 영역은 구체적으로 공통 평면에 위치될 수 있으며, 공통 평면은 물체로부터 검출기로 전파되는 광 빔이 공통 평면에 광 스폿을 생성할 수 있도록 하는, 바람직하게는 물체와 마주하는 평면이다.

[0044] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "각각 적어도 하나의 감광 영역을 갖는 광학 센서"라는 용어는 각각 하나의 감광 영역을 갖는 복수의 단일 광학 센서를 갖는 구성 및 복수의 감광 영역을 갖는 하나의 조합된 광학 센서를 갖는 구성을 지칭한다. 따라서, "광학 센서"라는 용어는 또한 하나의 출력 신호를 생성하도록 구성된 감광 디바이스를 지칭하고, 반면에, 본 명세서에서, 2개 이상의 출력 신호를 생성하도록 구성된 감광 디바이스, 예를 들어 적어도 하나의 CCD 및/또는 CMOS 디바이스는 2개 이상의 광학 센서로 지칭된다. 각각의 광학 센서는, 예를 들어, 하나의 균일한 센서 신호가 전체 광학 센서에 대해 정확하게 생성되는 조명에 응답하여, 조명될 수 있는 하나의 감광 영역을 정확하게 제공함으로써, 각각의 광학 센서에 정확하게 하나의 감광 영역이 존재하도록 구현될 수 있다. 따라서, 각각의 광학 센서는 단일 영역 광학 센서일 수 있다. 그러나, 단일 영역 광학 센서의 사용은 검출기의 설정을 구체적으로 간단하고 효율적으로 만든다. 따라서, 예로서, 각각 정확하게 하나의 감지 영역을 갖는 상업적으로 입수 가능한 실리콘 포토다이오드와 같은 상업적으로 입수 가능한 광-센서가 설정에 사용될 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다. 따라서, 예로서, 본 발명의 맥락에서 2개, 3개, 4개 또는 4개 초과 광학 센서로 간주되는 2개, 3개, 4개 또는 4개 초과 감광 영역을 포함하는 광학 디바이스가 사용될 수 있다. 위에 개요된 바와 같이, 센서 요소는 광학 센서의 매트릭스를 포함한다. 따라서, 예로서, 광학 센서는 픽셀화된 광학 디바이스의 일부이거나 이를 구성할 수 있다. 예로서, 광학 센서는 픽셀의 매트릭스를 갖는 적어도 하나의 CCD 및/또는 CMOS 디바이스의 일부이거나 이를 구성할 수 있고, 각각의 픽셀은 감광 영역을 형성한다.

[0045] 광학 센서는 구체적으로 광검출기, 바람직하게는 무기(inorganic) 광검출기, 보다 바람직하게는 무기 반도체 광검출기, 가장 바람직하게는 실리콘 광검출기일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 구체적으로, 광학 센서는 적외선 스펙트럼 범위에서 민감할 수 있다. 매트릭스의 모든 광학 센서 또는 매트릭스의 적어도 하나의 광학 센서 그룹은 구체적으로 동일할 수 있다. 매트릭스의 동일한 광학 센서 그룹은 구체적으로 상이한 스펙트럼 범위에 대해 제공될 수 있거나, 또는 모든 광학 센서는 스펙트럼 감도의 측면에서 동일할 수 있다. 또한, 광학 센서는 크기 및/또는 그들의 전자 또는 광전자 속성에 관하여 동일할 수 있다.

[0046] 구체적으로, 광학 센서는 적외선 스펙트럼 범위, 바람직하게는 780 nm 내지 3.0 마이크로미터의 범위에서 민감한 무기 포토다이오드일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 구체적으로, 광학 센서는 실리콘 포토다이오드가 구체적으로 700 nm 내지 1000 nm의 범위에서 적용 가능한 근적외선 영역의 부분에서 민감할 수 있다. 광학 센서에 사용될 수 있는 적외선 광학 센서는, 독일 D-67056 Ludwigshafen am Rhein에 소재하는 trinamiX GmbH로부터 브랜드명 HertzstueckTM으로 상업적으로 입수 가능한 적외선 광학 센서와 같은, 상업적으로 입수 가능한 적외선 광학 센서일 수 있다. 따라서, 예로서, 광학 센서는 진성(intrinsic) 태양광 유형의 적어도 하나의 광학 센서, 보다 바람직하게는 Ge 포토다이오드, InGaAs 포토다이오드, 확장된 InGaAs 포토다이오드, InAs 포토다이오드, InSb 포토다이오드, HgCdTe 포토다이오드로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 반도체 포토다이오드를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 광학 센서는 외인성(extrinsic) 태양광 유형의 적어도 하나의 광학 센서, 보다 바람직하게는 Ge:As 포토다이오드, Ge:Hg 포토다이오드, Ge:Cu 포토다이오드, Ge:Zn 포토다이오드, Si:Ga 포토다이오드, Si:As 포토다이오드로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 반도체 포토다이오드를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 광학 센서는 적어도 하나의 볼로미터(bolometer), 바람직하게는 VO 볼로미터 및 비정질 Si 볼로미터로 이루어진 그룹으로부터 선택된 볼로미터를 포함할 수 있다.

[0047] 매트릭스는 독립적인 광학 센서로 구성될 수 있다. 따라서, 매트릭스는 무기 포토다이오드로 구성될 수 있다. 그러나, 대안적으로, CCD 검출기 칩과 같은 CCD 검출기, 및/또는 CMOS 검출기 칩과 같은 CMOS 검출기 중 하나 이상과 같은 상업적으로 입수 가능한 매트릭스가 사용될 수 있다.

[0048] 검출기의 광학 센서는 센서 어레이를 형성할 수 있거나, 위에서 언급된 매트릭스와 같은 센서 어레이의 일부일

수 있다. 따라서, 예로서, 검출기는  $m$ 개의 행 및  $n$ 개의 열을 갖는 직사각형 어레이와 같은 광학 센서의 어레이를 포함할 수 있으며,  $m$ ,  $n$ 은 독립적으로 양의 정수이다. 바람직하게는, 하나 초과와 열 및 하나 초과와 행이 주어진다, 즉,  $n > 1$ ,  $m > 1$ 이다. 따라서, 예로서,  $n$ 은 2 내지 16 이상이고,  $m$ 은 2 내지 16 이상일 수 있다. 바람직하게는, 행의 개수와 열의 개수의 비율은 1에 가깝다. 예로서,  $n$  및  $m$ 은, 예를 들어,  $m/n = 1:1$ ,  $4:3$ ,  $16:9$  또는 유사한 것을 선택함으로써,  $0.3 \leq m/n \leq 3$ 이 되도록 선택될 수 있다. 예로서, 어레이는, 예를 들어,  $m=2$ ,  $n=2$  또는  $m=3$ ,  $n=3$  또는 등등을 선택함으로써, 동일한 수의 행 및 열을 갖는 정사각형 어레이일 수 있다.

[0049] 매트릭스는 구체적으로 적어도 하나의 행, 바람직하게는 복수의 행 및 복수의 열을 갖는 직사각형 매트릭스일 수 있다. 예로서, 행 및 열은 본질적으로 수직으로 배향될 수 있으며, 여기서, "본질적으로 수직"이라는 용어에 관해서는, 위에서 주어진 정의를 참조할 수 있다. 따라서, 예로서,  $20^\circ$  미만, 구체적으로는  $10^\circ$  미만 또는 심지어  $5^\circ$  미만의 공차가 허용 가능할 수 있다. 넓은 범위의 시야를 제공하기 위해, 매트릭스는 구체적으로 적어도 10개의 행, 바람직하게는 적어도 50개의 행, 보다 바람직하게는 적어도 100개의 행을 가질 수 있다. 유사하게, 매트릭스는 적어도 10개의 열, 바람직하게는 적어도 50개의 열, 보다 바람직하게는 적어도 100개의 열을 가질 수 있다. 매트릭스는 적어도 50개의 광학 센서, 바람직하게는 적어도 100개의 광학 센서, 보다 바람직하게는 적어도 500개의 광학 센서를 포함할 수 있다. 매트릭스는 멀티-메가 픽셀 범위의 다수의 픽셀을 포함할 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다. 따라서, 축 회전 대칭이 예상되는 설정에서, 픽셀이라고도 지칭될 수 있는 매트릭스의 광학 센서의 원형 배열 또는 동심 배열이 바람직할 수 있다.

[0050] 반사 광 빔은 물체로부터 제1 및 제2 카메라를 향해 전파될 수 있다. 반사 광 빔은 물체로부터 발생할 수 있다. 프로젝터는 물체를 적어도 하나의 조명 패턴에 의해 조명할 수 있고, 광은 물체에 의해 투과, 반사 및/또는 산란되고, 그럼으로써 적어도 부분적으로 제1 및 제2 카메라를 향해 "반사 광 빔"으로서 지향된다.

[0051] 광학 센서는 자외선, 가시광선 또는 적외선 스펙트럼 범위 중 하나 이상의 범위에서 민감할 수 있다. 구체적으로, 광학 센서는 500 nm 내지 780 nm, 가장 바람직하게는 650 nm 내지 750 nm 또는 690 nm 내지 700 nm의 가시 스펙트럼 범위에서 민감할 수 있다. 구체적으로, 광학 센서는 근적외선 영역에서 민감할 수 있다. 구체적으로, 광학 센서는 실리콘 포토다이오드가 구체적으로 700 nm 내지 1000 nm의 범위에서 적용 가능한 근적외선 영역의 부분에서 민감할 수 있다. 광학 센서는, 구체적으로, 적외선 스펙트럼 범위, 구체적으로는 780 nm 내지 3.0 마이크로미터의 범위에서 민감할 수 있다. 예를 들어, 광 센서는 각각 독립적으로 포토다이오드, 포토셀, 포토컨덕터, 포토트랜지스터 또는 이들의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 요소이거나 이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학 센서는 CCD 센서 요소, CMOS 센서 요소, 포토다이오드, 포토셀, 포토컨덕터, 포토트랜지스터 또는 이들의 임의의 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 요소이거나 이를 포함할 수 있다. 임의의 다른 유형의 감광 요소가 사용될 수 있다. 감광 요소는 일반적으로 전부 또는 일부가 무기 재료로 이루어질 수 있고/있거나 전부 또는 일부가 유기 재료로 이루어질 수 있다. 가장 일반적으로는, 상업적으로 입수 가능한 포토다이오드, 예를 들어 무기 반도체 포토다이오드와 같은 하나 이상의 포토다이오드가 사용될 수 있다.

[0052] 본 명세서에서 또한 사용되는 바와 같이, "센서 신호"는 일반적으로 광 빔에 의한 조명에 응답하여 광학 센서에 의해 생성된 신호를 지칭한다. 구체적으로, 센서 신호는 적어도 하나의 아날로그 전기 신호 및/또는 적어도 하나의 디지털 전기 신호와 같은 적어도 하나의 전기 신호일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 센서 신호는 적어도 하나의 전압 신호 및/또는 적어도 하나의 전류 신호일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 센서 신호는 적어도 하나의 광전류를 포함할 수 있다. 또한, 원시 센서 신호가 사용될 수 있거나, 검출기, 광학 센서 또는 임의의 다른 요소가 센서 신호를 처리 또는 전처리하도록 구성될 수 있고, 그럼으로써 2차 센서 신호를 생성할 수 있으며, 이것은 또한 필터링 또는 등등에 의한 전처리와 같은 센서 신호로서 사용될 수 있다.

[0053] 반사 광 빔이라고도 하는 물체에 의해 생성된 광 빔은 구체적으로 센서 요소를 완전히 조명하여 센서 요소가 광 빔 내에 완전히 위치되도록 할 수 있고, 광 빔의 폭은 매트릭스보다 크다. 반대로, 바람직하게는, 반사 광 빔은 구체적으로, 매트릭스보다 작은 광 스폿을 전체 매트릭스 상에 생성하여, 광 스폿이 매트릭스 내에 완전히 위치되도록 할 수 있다. 이러한 상황은, 예를 들어 적절한 이송 디바이스를 사용함으로써, 광 빔에 대해 포커싱 또는 디포커싱 효과를 갖는 하나 이상의 적절한 렌즈 또는 요소를 선택함으로써 관련 기술분야의 통상의 기술자에 의해 용이하게 조정될 수 있다.

[0054] 제1 카메라는 광 빔을 제1 광학 센서 상으로 안내하고 제1 반사 이미지를 제1 센서 요소 상에 형성하도록 구성된 제1 이송 디바이스를 포함할 수 있다. 제2 카메라는 광 빔을 제2 광학 센서 상으로 안내하고 제2 반사 이미

지를 제1 센서 요소 상에 형성하도록 구성된 제2 이송 디바이스를 포함할 수 있다.

- [0055] 제1 카메라는 물체에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를, 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 이미징하도록 구성된다. 제2 카메라는 물체에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를, 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 이미징하도록 구성된다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "반사 이미지"라는 용어는 일반적으로 복수의 반사 특징을 포함하는 각각의 카메라에 의해 결정된 이미지를 지칭할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "반사 특징"이라는 용어는 일반적으로 적어도 하나의 조명 특징을 갖는 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 이미지 평면에서의 특징을 지칭할 수 있다. 반사 이미지는 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 반사 패턴을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "적어도 하나의 반사 이미지를 이미징하는"이라는 용어는 반사 이미지를 캡처하고, 기록하며 생성하는 것 중 하나 이상을 지칭할 수 있다.
- [0056] 제1 카메라는 제1 반사 이미지가 물체에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열된다. 제2 카메라는 제2 반사 이미지가 물체에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열된다. 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이하다.
- [0057] 검출기는 광축을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 이송 디바이스는 좌표계를 구성할 수 있으며, 여기서 종방향 좌표( $z$ )는 제1 이송 디바이스의 광 축을 따르는 좌표이다. 좌표계는 제1 이송 디바이스의 광 축이  $z$ 축을 형성하고  $z$ 축으로부터의 거리 및 극 각도(polar angle)가 추가 좌표로서 사용될 수 있는 극 좌표계일 수 있다. 예를 들어, 제1 이송 디바이스는 검출기의 광 축이  $z$ 축을 형성하고, 추가적으로  $z$ 축에 수직이고 서로 수직인  $x$ 축 및  $y$ 축이 제공될 수 있는 좌표계를 구성할 수 있다. 예를 들어, 검출기는 이 좌표계의 특정 포인트, 이를테면 이 좌표계의 원점에 놓일 수 있다.  $z$  축에 평행한 또는 역평행한 방향은 종방향으로 간주될 수 있고,  $z$  축을 따르는 좌표는 종방향으로 간주될 수 있다.  $z$  축에 수직인 임의의 방향은 횡방향으로 간주될 수 있고, 극 좌표 및/또는 극 각도는 횡방향으로 간주될 수 있다. 대안적으로, 다른 유형의 좌표계가 사용될 수 있다. 따라서, 예로서, 광 축이  $z$ 축을 형성하고  $z$ 축으로부터의 거리 및 극 각도가 추가 좌표로서 사용될 수 있는 극 좌표계가 사용될 수 있다.  $z$  축에 평행한 또는 역평행한 방향은 종방향으로 간주될 수 있고,  $z$  축을 따르는 좌표는 종방향으로 간주될 수 있다.  $z$  축에 수직인 임의의 방향은 횡방향으로 간주될 수 있고, 극 좌표 및/또는 극 각도는 횡방향으로 간주될 수 있다.
- [0058] 본 명세서에서 사용되는, 시야 방향이라고도 하는 "물체에 대한 시야 방향"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 공간에서 각각의 카메라의 3차원 위치 및/또는 방향을 지칭할 수 있다. 시야 방향은  $x$ ,  $y$ , 및  $z$ 와 같은 카메라의 3차원 좌표에 의해 정의될 수 있다. 시야 방향은 카메라의 회전, 예를 들어  $x$ 축,  $y$ 축 및  $z$ 축 중 하나 이상을 중심으로 하는 회전에 의해 정의될 수 있다. 회전은 공간 각도에 의해 주어질 수 있다.
- [0059] 제1 카메라와 제2 카메라는 서로 상이한 공간적 위치에 위치할 수 있다. 제1 카메라와 제2 카메라 사이의 상대적인 거리는 고정될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 카메라는 검출기의 하우징 내에 스테레오 카메라로서 배열될 수 있다. 검출기의 설정은 제1 카메라가 프로젝터의 일 측에 위치되고 제2 카메라가 프로젝터의 반대 측에 위치될 수 있도록 할 수 있다. 예를 들어, 제1 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인은 제2 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인보다 짧을 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "베이스라인"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 각각의 카메라와 프로젝터 사이의 상대적인 거리를 지칭할 수 있다. 제2 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인은 제1 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인보다 예를 들어 4배, 5배 또는 심지어는 더 클 수 있다. 예를 들어, 제1 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인은 4cm 이하일 수 있다. 예를 들어, 제1 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인은 2 cm 내지 4 cm 일 수 있다.
- [0060] 제1 및 제2 카메라의 감광 영역은 구체적으로 물체를 향해 배향될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "물체를 향해 배향되는"이라는 용어는 일반적으로 감광 영역의 각각의 표면이 물체로부터 완전히 또는 부분적으로 가시적인 상황을 지칭한다. 구체적으로, 물체의 적어도 하나의 포인트와 각 감광 영역의 적어도 하나의 포인트 사이의 상호 연결 라인은  $20^\circ$  내지  $90^\circ$ , 바람직하게는  $90^\circ$  와 같은  $80^\circ$  내지  $90^\circ$  범위의 각도와 같은  $0^\circ$  와는 상이한 다른 감광 영역의 표면 요소와 각도를 형성할 수 있다. 따라서, 물체가 광 축 상에 위치하거나 광 축에 근접할 때, 물체로부터 검출기를 향해 전파되는 광 빔은 본질적으로 광 축과 평행할 수 있다.

- [0061] 예를 들어, 제1 카메라와 제2 카메라는 물체를 향하는 상이한 방향을 갖는다. 예를 들어, 제1 센서 요소는 검출기의 광 축에 본질적으로 수직으로 배향될 수 있다. 제1 카메라의 시야 방향은 본질적으로 검출기의 광 축과 평행할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "본질적으로 수직"이라는 용어는 예를 들어  $\pm 20^\circ$  이하의 공차, 바람직하게는  $\pm 10^\circ$  이하의 공차, 보다 바람직하게는  $\pm 5^\circ$  이하의 공차를 갖는 수직 방향의 상태를 지칭한다. 유사하게, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "본질적으로 평행"이라는 용어는 예를 들어  $\pm 20^\circ$  이하의 공차, 바람직하게는  $\pm 10^\circ$  이하의 공차, 보다 바람직하게는  $\pm 5^\circ$  이하의 공차를 갖는 수평 방향의 상태를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 제2 센서 요소는 검출기의 광 축에 본질적으로 수직인 배열로부터 벗어나는 방향으로 배향될 수 있다. 제2 카메라의 시야 방향은 본질적으로 검출기의 광 축과 평행하지 않고 광 축과 각도를 이룰 수 있다.
- [0062] 평가 디바이스는 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가하기 위한 구성이다.
- [0063] "평가 디바이스"라는 용어는 일반적으로, 바람직하게는 적어도 하나의 데이터 처리 디바이스를 사용함으로써 그리고 보다 바람직하게는 적어도 하나의 프로세서 및/또는 적어도 하나의 주문형 집적 회로를 사용함으로써, 명명된 동작을 수행하도록 적응된 임의의 디바이스를 지칭할 수 있다. 따라서, 예로서, 적어도 하나의 평가 디바이스는 다수의 컴퓨터 명령을 포함하는 소프트웨어 코드가 저장된 적어도 하나의 데이터 처리 디바이스를 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 명명된 동작 중 하나 이상을 수행하기 위한 하나 이상의 하드웨어 요소를 제공할 수 있고/있거나 명명된 동작 중 하나 이상을 수행하기 위해 실행되는 소프트웨어를 하나 이상의 프로세서에게 제공할 수 있다. 동작은 이미지 평가를 포함한다. 따라서, 예로서, 하나 이상의 명령어가 소프트웨어 및/또는 하드웨어로 구현될 수 있다. 따라서, 예로서, 평가 디바이스는 위에서 언급된 평가를 수행하도록 구성된 하나 이상의 컴퓨터, 주문형 집적 회로(application-specific integrated circuit, ASIC), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor, DSP) 또는 필드-프로그래머블 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA)와 같은 하나 이상의 프로그래머블 디바이스를 포함할 수 있다. 그러나, 추가적으로 또는 대안적으로, 평가 디바이스는 또한 하드웨어에 의해 전체 또는 부분적으로 구현될 수 있다.
- [0064] 평가 디바이스는 하나 이상의 주문형 집적 회로(ASIC)와 같은 하나 이상의 집적 회로, 및/또는 하나 이상의 컴퓨터, 바람직하게는 하나 이상의 마이크로컴퓨터 및/또는 마이크로컨트롤러, 필드 프로그래머블 어레이, 또는 디지털 신호 프로세서와 같은 하나 이상의 데이터 처리 디바이스를 포함하거나 포함할 수 있다. 하나 이상의 AD-컨버터 및/또는 하나 이상의 필터와 같은 센서 신호의 수신 및/또는 전처리를 위한 하나 이상의 디바이스와 같은 하나 이상의 전처리 디바이스 및/또는 데이터 획득 디바이스와 같은 추가 컴포넌트가 포함될 수 있다. 또한, 평가 디바이스는 전류 및/또는 전압을 측정하기 위한 하나 이상의 측정 디바이스와 같은 하나 이상의 측정 디바이스를 포함할 수 있다. 또한, 평가 디바이스는 하나 이상의 데이터 저장 디바이스를 포함할 수 있다. 또한, 평가 디바이스는 하나 이상의 인터페이스, 예를 들어 하나 이상의 무선 인터페이스 및/또는 하나 이상의 유선 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0065] 평가 디바이스는 광 센서에 의해 그리고/또는 평가 디바이스에 의해 획득된 정보와 같은 정보를 디스플레이하거나, 시각화하거나, 분석하거나, 분배하거나, 통신하거나, 또는 추가 처리하는 것 중 하나 이상에 사용될 수 있는 적어도 하나의 추가 데이터 처리 디바이스에 연결되거나 이를 포함할 수 있다. 데이터 처리 디바이스는, 예로서, 디스플레이, 프로젝터, 모니터, LCD, TFT, 라우드스피커, 다채널 사운드 시스템, LED 패턴, 또는 추가의 시각화 디바이스 중 적어도 하나에 연결되거나 이를 통합할 수 있다. 이것은 또한 이메일, 문자 메시지, 전화, 블루투스, Wi-Fi, 적외선 또는 인터넷 인터페이스, 포트 또는 연결 중 하나 이상을 사용하여 암호화되거나 암호화되지 않은 정보를 전송할 수 있는 통신 디바이스 또는 통신 인터페이스, 커넥터 또는 포트 중 하나 이상에 연결되거나 이를 통합할 수 있다. 이것은 또한 프로세서, 그래픽 프로세서, CPU, 오픈 멀티미디어 애플리케이션 플랫폼(Open Multimedia Applications Platform, OMAPT), 집적 회로, 애플 A 시리즈 또는 삼성 S3C2 시리즈의 제품과 같은 시스템 온 칩, 마이크로컨트롤러 또는 마이크로프로세서, ROM, RAM, EEPROM 또는 플래시 메모리와 같은 하나 이상의 메모리 블록, 오실레이터 또는 위상 고정 루프와 같은 타이밍 소스, 카운터-타이머, 실시간 타이머 또는 파워-온 리셋 제너레이터, 전압 조절기, 전력 관리 회로 또는 DMA 컨트롤러 중 적어도 하나에 연결되거나 이를 통합할 수 있다. 개별 유닛은 또한 AMBA 버스와 같은 버스에 연결되거나 사물 인터넷 또는 인더스트리(Industry) 4.0 유형 네트워크에 통합될 수 있다.
- [0066] 평가 디바이스 및/또는 데이터 처리 디바이스는 직렬 또는 병렬 인터페이스 또는 포트, USB, 센트로닉스 포트(Centronics Port), 파이어와이어(FireWire), HDMI, 이더넷, 블루투스, RFID, Wi-Fi, USART 또는 SPI 중 하나 이상과 같은 추가 외부 인터페이스 또는 포트, 또는 ADC 또는 DAC 중 하나 이상과 같은 아날로그 인터페이스 또는 포트, 또는 카메라링크(CameraLink)와 같은 RGB-인터페이스를 사용하는 2D-카메라 디바이스와 같은 추가 디

바이스에 표준화된 인터페이스 또는 포트에 의해 연결되거나 이를 가질 수 있다. 평가 디바이스 및/또는 데이터 처리 디바이스는 또한 프로세서 인터페이스 또는 포트, FPGA-FPGA-인터페이스, 또는 직렬 또는 병렬 인터페이스 포트 중 하나 이상에 의해 연결될 수 있다. 평가 디바이스 및 데이터 처리 디바이스는 또한 광 디스크 드라이브, CD-RW 드라이브, DVD+RW 드라이브, 플래시 드라이브, 메모리 카드, 디스크 드라이브, 하드 디스크 드라이브, 솔리드 스테이트 디스크 또는 솔리드 스테이트 하드 디스크 중 하나 이상에 연결될 수 있다.

[0067] 평가 디바이스 및/또는 데이터 처리 디바이스는 전화 커넥터, RCA 커넥터, VGA 커넥터, 헤르마프로다이트(hermaphrodite) 커넥터, USB 커넥터, HDMI 커넥터, 8P8C 커넥터, BCN 커넥터, IEC 60320 C14 커넥터, 광섬유 커넥터, D-초소형 커넥터, RF 커넥터, 동축 커넥터, SCART 커넥터, XLR 커넥터 중 하나 이상과 같은 하나 이상의 추가 외부 커넥터에 의해 연결되거나 이들을 갖고/갖거나, 이들 커넥터 중 하나 이상에 대한 적어도 하나의 적합한 소켓을 통합할 수 있다.

[0068] 평가 디바이스는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징 및 제2 반사 이미지 내의 제2 반사 특징을 식별 및/또는 선택하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 제1 반사 특징 및/또는 제2 반사 특징을 식별 및/또는 선택하기 위한 적어도 하나의 이미지 분석 및/또는 이미지 처리를 수행하도록 구성될 수 있다. 이미지 분석 및/또는 이미지 처리는 적어도 하나의 특징 검출 알고리즘을 사용할 수 있다. 이미지 분석 및/또는 이미지 처리는 다음과 같은 것: 필터링; 적어도 하나의 관심 영역의 선택; 센서 신호에 의해 생성된 이미지와 적어도 하나의 오프셋 사이의 차이 이미지의 형성; 센서 신호에 의해 생성된 이미지를 반전시킴에 의한 센서 신호의 반전; 상이한 시점에서 센서 신호에 의해 생성된 이미지 간의 차이 이미지의 형성; 배경 보정; 색상 채널로의 분해; 색조, 채도 및 밝기 채널로의 분해; 주파수 분해; 단일 값 분해; 블롭(blob) 검출기 적용, 코너 검출기 적용; 헤시안 필터의 행렬식(Determinant of Hessian filter) 적용; 원리 곡률 기반 영역 검출기(principle curvature-based region detector) 적용; 최대 안정 극한 영역 검출기 적용; 일반화된 허프-변환(generalized Hough-transformation) 적용; 리지 검출기(ridge detector) 적용; 아핀 불변 특징 검출기(affine invariant feature detector) 적용; 아핀-적응 관심 포인트 연산자 적용; 해리스 아핀 영역 검출기(Harris affine region detector) 적용; 헤시안 아핀 영역 검출기(Hessian affine region detector) 적용; 스케일-불변 특징 변환(scale-invariant feature transform) 적용; 스케일-공간 극한 검출기(scale-space extrema detector) 적용; 로컬 특징 검출기 적용; 스피드 업 강력 특징 알고리즘(speeded up robust features algorithm) 적용 그라디언트 위치 및 방향 히스토그램 알고리즘(gradient location and orientation histogram algorithm) 적용; 배향된 그라디언트 디스크립터의 히스토그램 적용; 데리케 에지 검출기(Deriche edge detector) 적용; 차동 에지 검출기 적용; 시공간적 관심 포인트 검출기 적용; 모라벡 코너 검출기(Moravec corner detector) 적용; 캐니 에지 검출기(Canny edge detector) 적용; 가우시안 필터의 라플라시안(Laplacian of Gaussian filter) 적용; 가우시안 필터의 차이 적용; 소벨 연산자(Sobel operator) 적용; 라플라스 연산자 적용; 샤르 연산자(Scharr operator) 적용; 프레윗 연산자(Prewitt operator) 적용; 로버츠 연산자(Roberts operator) 적용; 키르쉬 연산자(Kirsch operator) 적용; 하이-패스 필터 적용; 로우-패스 필터 적용; 푸리에 변환 적용; 라돈 변환(Radon-transformation) 적용; 허프 변환 적용; 웨이블릿 변환(wavelet-transformation) 적용; 임계화; 이진 이미지(binary image) 생성 중 하나 이상을 포함한다. 구체적으로, 반사 이미지의 평가는 반사 이미지에서 관심 영역을 선택하는 것을 포함한다. 관심 영역은 사용자에게 의해 수동으로 결정되거나 예를 들어 센서 요소에 의해 생성된 이미지 내의 물체를 인식함으로써 자동으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 스폿-유사 반사 특징의 경우, 관심 영역이 스폿 프로파일 주변 영역으로서 선택될 수 있다.

[0069] 평가 디바이스는 적어도 하나의 이미지 보정을 수행하도록 구성될 수 있다. 이미지 보정은 적어도 하나의 배경 제거(background subtraction)를 포함할 수 있다. 평가 디바이스는, 예를 들어, 추가 조명 없이 이미징에 의해 각각의 빔 프로파일로부터 배경 광으로부터의 영향을 제거하도록 적응될 수 있다.

[0070] 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하는 것을 포함한다. 본 명세서에서 사용되는 "매칭하는"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 대응하는 제1 반사 특징 및 제2 반사 특징을 결정 및/또는 평가 및/또는 식별하는 것을 지칭할 수 있다. 매칭은 소위 대응성 문제를 해결하는 것을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "대응하는 반사 특징"이라는 용어는 제1 반사 특징의 각각이 동일한 조명 특징에 의해 생성되는 대응하는 제2 반사 특징을 갖는다는 사실을 지칭할 수 있다. 평가 디바이스는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 모호하지 않게 매칭하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "모호하지 않게 매칭하는(unambiguously matching)"이라는 용어는 단지 하나의 제1 반사 특징이 하나의 제2 반사 특징에 할당되는 것 및/또는 어떠한 다른 제1 반사 특징(들)도 동일한

제2 반사 특징에 할당될 수 없는 것 및 그 반대의 경우를 지칭할 수 있다.

[0071] 제1 반사 특징 및 제2 반사 특징의 각각은 적어도 하나의 빔 프로파일을 포함한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "빔 프로파일"이라는 용어는 일반적으로, 특히 광 빔의 전파에 대해 수직인 적어도 하나의 평면에서, 광 빔의 세기의 공간 분포를 지칭할 수 있다. 빔 프로파일은 광 빔의 횡방향 세기 프로파일(transverse intensity profile)일 수 있다. 빔 프로파일은 광 빔의 단면일 수 있다. 빔 프로파일은 사다리꼴 빔 프로파일; 삼각형 빔 프로파일; 원추형 빔 프로파일 및 가우시안 빔 프로파일의 선형 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다. 빔 프로파일은 반사 프로파일이라고도 할 수 있다.

[0072] 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 각각에 대한 종방향 좌표를 그들의 각각의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성될 수 있다. 빔 프로파일의 분석은 빔 프로파일의 적어도 하나의 제1 영역 및 적어도 하나의 제2 영역을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 제1 영역 및 제2 영역을 분할하고, 제1 영역 및 제2 영역의 배수를 분할하고, 제1 영역 및 제2 영역의 선형 조합을 분할하는 것 중 하나 이상에 의해 조합된 신호(Q)를 도출하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 조합된 신호(Q)와 종방향 좌표 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 종방향 좌표를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0073] 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 각각에 대한  $Z_{DPR}$ 이라고도 하는 적어도 하나의 종방향 좌표를 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성된다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "빔 프로파일의 분석"이라는 용어는 일반적으로 빔 프로파일의 평가를 지칭할 수 있고, 적어도 하나의 수학적 연산 및/또는 적어도 하나의 비교 및/또는 적어도 대칭화 및/또는 적어도 하나의 필터링 및/또는 적어도 하나의 정규화를 포함할 수 있다. 예를 들어, 빔 프로파일의 분석은 히스토그램 분석 단계, 차이 측정의 계산, 뉴턴 네트워크의 적용, 머신 러닝 알고리즘의 적용 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 빔 프로파일을 대칭화 및/또는 정규화 및/또는 필터링하여, 특히 더 큰 각도, 기록 예지 또는 등등 하에서의 기록으로부터 노이즈 또는 비대칭을 제거하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 예를 들어 공간 주파수 분석 및/또는 메디안 필터링(median filtering) 또는 등등에 의해 높은 공간 주파수를 제거함으로써 빔 프로파일을 필터링할 수 있다. 요약화(summarization)는 요약은 광 스폿의 세기를 중심으로 하여 중심까지의 동일한 거리에 있는 모든 세기를 평균화함으로써 수행될 수 있다. 평가 디바이스는 빔 프로파일을 최대 세기로 정규화하여, 특히 기록된 거리로 인한 세기 차이를 고려하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는, 예를 들어, 조명 없이 이미징에 의해 빔 프로파일로부터 배경 광으로부터의 영향을 제거하도록 구성될 수 있다.

[0074] 반사 특징은 이미지의 적어도 하나의 픽셀을 커버하거나 또는 그에 걸쳐 연장될 수 있다. 예를 들어, 반사 특징은 복수의 픽셀을 커버하거나 또는 복수의 픽셀에 걸쳐 연장될 수 있다. 평가 디바이스는 반사 특징, 예를 들어 광 스폿에 연결되고/되거나 그에 속하는 모든 픽셀을 결정 및/또는 선택하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 아래 수학적식에 의해 세기의 중심을 결정하도록 구성될 수 있고,

$$R_{coi} = \frac{1}{l \cdot \sum j \cdot r_{pixel}}$$

[0075]

[0076] 위 수학적식에서,  $R_{coi}$ 는 세기의 중심의 위치이고,  $r_{pixel}$ 은 픽셀 위치이고,  $l = \sum_j I_{total}$ 이고,  $j$ 는 반사 특징에 연결되고/되거나 그에 속하는 픽셀( $j$ )의 수이고,  $I_{total}$ 은 총 세기이다.

[0077] 평가 디바이스는 각각의 제1 반사 특징에 대한 종방향 좌표를 빔 프로파일 분석이라고도 하는, 광자 비율 기반 깊이(depth-from-photon-ratio technique)를 사용함으로써 결정하도록 구성될 수 있다. 광자 비율 기반 깊이(depth-from-photon-ratio: DPR) 기법에 관해서는, WO 2018/091649 A1, WO 2018/091638 A1, WO 2018/091640 A1 및 C. Lennartz, F. Schick, S. Metz의 문헌 ["Whitepaper - Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection" 2021년 4월 28일, 독일 루트비히스하펜(Ludwigshafen)]이 참조되며, 이것의 전체 내용은 참조로 포함된다.

[0078] 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 각각의 빔 프로파일을 결정하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "빔 프로파일을 결정하는"이라는 용어는 제1 반사 이미지 내의 적어도 하나의 제1 반사 특징을 식별 및/또는 선택하고 제1 반사 특징의 적어도 하나의 세기 분포를 평가하는 것을 지칭한다. 예로서, 제1 반사 이미지의 영역은 이를테면 제1 반사 이미지를 통해 축 또는 라인을 따라, 3차원 세기 분포 또는 2차원 세기 분포와 같은 세기 분포를 결정하기 위해 사용되고 평가될 수 있다. 예로서, 광 빔에 의한 조명의 중심은 예를 들어

가장 높은 조명을 갖는 적어도 하나의 픽셀을 결정함으로써 결정될 수 있고, 단면 축은 조명의 중심을 통해 선택될 수 있다. 세기 분포는 조명의 중심을 통한 이 단면 축을 따르는 좌표의 함수로서의 세기 분포일 수 있다. 다른 평가 알고리즘도 가능하다.

[0079] 제1 반사 특징 중 하나의 빔 프로파일의 분석은 빔 프로파일의 적어도 하나의 제1 영역 및 적어도 하나의 제2 영역을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 빔 프로파일의 제1 영역은 영역(A1)이고, 빔 프로파일의 제2 영역은 영역(A2)일 수 있다. 평가 디바이스는 제1 영역과 제2 영역을 통합하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 몫(Q)이라고도 하는 조합된 신호(Q)를, 통합된 제1 영역 및 통합된 제2 영역을 분할하는 것, 통합된 제1 영역 및 통합된 제2 영역의 배수를 분할하는 것, 통합된 제1 영역 및 통합된 제2 영역의 선형 조합을 분할하는 것 중 하나 이상에 의해 도출하도록 구성될 수 있다.

[0080] 평가 디바이스는 빔 프로파일의 적어도 2개의 영역을 결정하고/하거나 빔 프로파일을 빔 프로파일의 상이한 영역을 포함하는 적어도 2개의 세그먼트로 세그먼트화하도록 구성될 수 있으며, 여기서 영역의 중첩은 영역이 동일하지 않는 한 가능할 수 있다. 예를 들어, 평가 디바이스는 2개, 3개, 4개, 5개, 또는 최대 10개의 영역과 같은 복수의 영역을 결정하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 광 스폿을 빔 프로파일의 적어도 2개의 영역으로 세그먼트화하고/하거나 빔 프로파일을 빔 프로파일의 상이한 영역을 포함하는 적어도 2개의 세그먼트로 세그먼트화하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 영역 중 적어도 2개에 대해 각각의 영역에 걸친 빔 프로파일의 적분을 결정하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 결정된 적분 중 적어도 2개를 비교하도록 구성될 수 있다. 구체적으로, 평가 디바이스는 빔 프로파일의 적어도 하나의 제1 영역 및 적어도 하나의 제2 영역을 결정하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "빔 프로파일의 영역"이라는 용어는 일반적으로 조합된 신호를 결정하기 위해 사용되는 광학 센서의 위치에서의 빔 프로파일의 임의의 영역을 지칭한다. 빔 프로파일의 제1 영역 및 빔 프로파일의 제2 영역은 인접한 또는 중첩하는 영역 중 하나 또는 둘 모두일 수 있다. 빔 프로파일의 제1 영역과 빔 프로파일의 제2 영역은 일치하지 않을 수 있다. 예를 들어, 평가 디바이스는 제1 센서 요소의 센서 영역을 적어도 2개의 서브 영역으로 분할하도록 구성될 수 있고, 여기서 평가 디바이스는 제1 센서 요소의 센서 영역을 적어도 하나의 좌측 부분 및 적어도 하나의 우측 부분 및/또는 적어도 하나의 상측 부분 및 적어도 하나의 하측 부분 및/또는 적어도 하나의 내측 부분 및 적어도 하나의 외측 부분으로 분할하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 제1 영역 및 제2 영역을 통합하도록 적용될 수 있다.

[0081] 빔 프로파일의 제 1 영역은 본질적으로 빔 프로파일의 에지 정보를 포함할 수 있고 빔 프로파일의 제 2 영역은 본질적으로 빔 프로파일의 중심 정보를 포함할 수 있고/있거나 빔 프로파일의 제 1 영역은 본질적으로 빔 프로파일의 좌측 부분에 관한 정보를 포함할 수 있고 빔 프로파일의 제 2 영역은 본질적으로 빔 프로파일의 우측 부분에 관한 정보를 포함할 수 있다. 빔 프로파일은 중심, 즉, 빔 프로파일의 최대값 및/또는 빔 프로파일의 고원의 중심 포인트 및/또는 광 스폿의 기하학적 중심, 및 중심으로부터 연장되는 하강 에지를 가질 수 있다. 제 2 영역은 단면의 내측 영역을 포함할 수 있고, 제1 영역은 단면의 외측 영역을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "본질적으로 중심 정보"라는 용어는 일반적으로 중심 정보의 비율, 즉, 중심에 대응하는 세기 분포의 비율에 비해 낮은 비율의, 즉, 에지에 대응하는 세기 분포의 비율의 에지 정보를 지칭한다. 바람직하게는, 중심 정보는 10% 미만, 보다 바람직하게는 5% 미만의 에지 정보의 비율을 가지며, 가장 바람직하게는 중심 정보는 에지 내용을 포함하지 않는다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "본질적으로 에지 정보"라는 용어는 일반적으로 에지 정보의 비율에 비해 낮은 비율의 중심 정보를 지칭한다. 에지 정보는, 특히 중심 및 에지 영역으로부터의 전체 빔 프로파일의 정보를 포함할 수 있다. 에지 정보는 10% 미만, 바람직하게는 5% 미만의 중심 정보의 비율을 가질 수 있으며, 보다 바람직하게는 에지 정보는 중심 콘텐츠를 포함하지 않는다. 빔 프로파일의 적어도 하나의 영역은 이 영역 중심에 가깝거나 중심 주위에 있고 본질적으로 중심 정보를 포함하면 빔 프로파일의 제2 영역으로서 결정 및/또는 선택될 수 있다. 빔 프로파일의 적어도 하나의 영역은 이 영역이 그 단면의 하강 에지의 적어도 일부를 포함하면 빔 프로파일의 제1 영역으로서 결정 및/또는 선택될 수 있다. 예를 들어, 단면의 전체 영역은 제1 영역으로서 결정될 수 있다.

[0082] 제1 영역(A1) 및 제2 영역(A2)의 다른 선택도 가능하다. 예를 들어, 제1 영역은 빔 프로파일의 본질적으로 외측 영역을 포함할 수 있고, 제2 영역은 빔 프로파일의 본질적으로 내측 영역들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 2차원 빔 프로파일의 경우, 빔 프로파일은 좌측 부분 및 우측 부분으로 분할될 수 있고, 여기서 제1 영역은 본질적으로 빔 프로파일의 좌측 부분의 영역을 포함할 수 있고, 제2 영역은 본질적으로 빔 프로파일의 우측 부분의 영역들을 포함할 수 있다.

[0083] 에지 정보는 빔 프로파일의 제1 영역 내 다수의 광자에 관한 정보를 포함할 수 있고, 중심 정보는 빔 프로파일의 제2 영역 내 다수의 광자에 관한 정보를 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 빔 프로파일의 면적 적분을 결정

하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 에지 정보를 제1 영역을 통합 및/또는 합산함으로써 결정하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 중심 정보를 제2 영역을 통합 및/또는 합산함으로써 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 빔 프로파일은 사다리꼴 빔 프로파일일 수 있고, 평가 디바이스는 사다리꼴의 적분을 결정하도록 구성될 수 있다. 또한, 사다리꼴 빔 프로파일이 가정될 수 있을 때, 에지 및 중심 신호의 결정은 에지의 기울기 및 위치의 그리고 중심 고원의 높이의 결정과 같은 사다리꼴 빔 프로파일의 속성을 사용하고 에지 및 중심 신호를 기하학적 고려에 의해 도출하는 등가 평가에 의해 대체될 수 있다.

[0084] 일 실시예에서, A1은 특징 포인트의 전체 또는 전반 영역에 대응할 수 있다. A2는 특징점의 중심 영역일 수 있다. 중심 영역은 일정한 값일 수 있다. 중심 영역은 특징 포인트의 전체 영역에 비해 작을 수 있다. 예를 들어, 원형 특징 포인트의 경우, 중앙 영역은 특징 포인트의 전체 반경의 0.1 내지 0.9, 바람직하게는 전체 반경의 0.4 내지 0.6의 반경을 가질 수 있다.

[0085] 일 실시예에서, 조명 패턴은 적어도 포인트 패턴을 포함할 수 있다. A1은 광 센서 상의 포인트 패턴의 포인트의 전체 반경을 갖는 영역에 해당할 수 있다. A2는 광 센서의 포인트 패턴에서 포인트의 중심 영역일 수 있다. 중심 영역은 일정한 값일 수 있다. 중앙 영역은 전체 반경에 비교되는 반경을 가질 수 있다. 예를 들어, 중앙 영역은 전체 반경의 0.1 내지 0.9, 바람직하게는 전체 반경의 0.4 내지 0.6의 반경을 가질 수 있다.

[0086] 평가 디바이스는 몫(Q)을, 제1 영역 및 제2 영역을 분할하고, 제1 영역 및 제2 영역의 배수를 분할하고, 제1 영역 및 제2 영역의 선형 조합을 분할하는 것 중 하나 이상에 의해 도출하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 아래 수학적식에 의해 몫(Q)을 도출하도록 구성될 수 있고,

$$Q = \frac{\iint_{A1} E(x,y) dx dy}{\iint_{A2} E(x,y) dx dy}$$

[0087]

[0088] 이 수학적식에서, x 및 y는 횡방향 좌표이고, A1 및 A2는 각각 빔 프로파일의 제1 및 제2 영역이며, E(x,y)는 빔 프로파일을 나타낸다.

[0089] 추가적으로 또는 대안적으로, 평가 디바이스는 광 스폿의 적어도 하나의 슬라이스 또는 컷으로부터 중심 정보 또는 에지 정보 중 하나 또는 둘 모두를 결정하도록 적용될 수 있다. 이것은, 예를 들어, 몫(Q)내의 면적 적분을 슬라이스 또는 컷을 따른 라인 적분으로 대체함으로써 실현될 수 있다. 정확도 향상을 위해, 광 스폿을 통하는 여러 슬라이스 또는 컷이 사용되고 평균화될 수 있다. 타원형 스폿 프로파일의 경우, 여러 슬라이스 또는 컷에 걸친 평균화는 거리 정보를 향상시킨다.

[0090] 예를 들어, 평가 디바이스는,

[0091] - 가장 높은 센서 신호를 갖고 적어도 하나의 중심 신호를 형성하는 픽셀을 결정하고;

[0092] - 매트릭스의 센서 신호를 평가하고 적어도 하나의 합 신호를 형성하고;

[0093] - 몫(Q)을 중심 신호와 합 신호를 조합함으로써 결정하고;

[0094] - 몫(Q)을 평가함으로써 물체의 적어도 하나의 종방향 좌표(z)를 결정함으로써 빔 프로파일을 평가하도록 구성될 수 있다.

[0095] 센서 신호는 조명에 응답하여 광 센서 및/또는 광 센서의 적어도 하나의 픽셀에 의해 생성된 신호일 수 있다. 구체적으로, 센서 신호는 적어도 하나의 아날로그 전기 신호 및/또는 적어도 하나의 디지털 전기 신호와 같은 적어도 하나의 전기 신호일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 센서 신호는 적어도 하나의 전압 신호 및/또는 적어도 하나의 전류 신호일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 센서 신호는 적어도 하나의 광전류를 포함할 수 있다. 또한, 원시 센서 신호가 사용될 수 있거나, 검출기, 광학 센서 또는 임의의 다른 요소가 센서 신호를 처리 또는 전처리하도록 적용될 수 있고, 그럼으로써 2차 센서 신호를 생성할 수 있으며, 이것은 또한 필터링 또는 등등에 의한 전처리와 같은 센서 신호로서 사용될 수 있다. "중심 신호"라는 용어는 일반적으로 빔 프로파일의 중심 정보를 본질적으로 포함하는 적어도 하나의 센서 신호를 지칭한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "최고 센서 신호"라는 용어는 관심 영역에서 로컬 최대값 또는 최대값 중 하나 또는 둘 모두를 지칭한다. 예를 들어, 중심 신호는 전체 매트릭스의 픽셀에 의해 생성된 복수의 센서 신호 중 가장 높은 센서 신호를 갖는 픽셀의 또는 매트릭스 내의 관심 영역의 신호일 수 있으며, 여기서 관심 영역은 매트릭스의 픽셀에 의해 생성된 이미지 내에서 미리 결정되거나 결정될 수 있다. 중심 신호는 단일 픽셀로부터 또는 광 센서 그룹으로부터 발생할 수 있으며, 여기서, 후자의 경우, 예로서, 픽셀 그룹의 센서 신호는

합산, 적분 또는 평균화되어 중심 신호를 결정하도록 할 수 있다. 중심 신호가 발생하는 픽셀 그룹은 가장 높은 센서 신호를 갖는 실제 픽셀로부터 미리 결정된 거리 보다 작은 거리를 갖는 픽셀과 같은 인접 픽셀 그룹일 수 있고, 가장 높은 센서 신호로부터 미리 결정된 범위 내에 있는 센서 신호를 생성하는 픽셀 그룹일 수 있다. 중심 신호가 발생하는 픽셀 그룹은 가능한 한 크게 선택되어 최대 동적 범위를 허용하도록 할 수 있다. 평가 디바이스는 복수의 센서 신호, 예를 들어 가장 높은 센서 신호를 갖는 픽셀 주변의 복수의 픽셀의 적분에 의해 중심 신호를 결정하도록 적응될 수 있다. 예를 들어, 빔 프로파일은 사다리꼴 빔 프로파일일 수 있고 평가 디바이스는 사다리꼴의 적분, 특히 사다리꼴의 고원을 결정하도록 적응될 수 있다.

[0096] 위에서 개요된 바와 같이, 중심 신호는 일반적으로 광 스폿의 중심에 있는 픽셀로부터의 센서 신호와 같은 단일 센서 신호일 수 있거나, 광 스폿의 중심에 있는 픽셀로부터 발생하는 센서 신호의 조합과 같은 복수의 센서 신호의 조합 또는 하나 이상의 위에서 언급된 가능성에 의해 도출된 센서 신호를 처리함으로써 도출되는 2차 센서 신호일 수 있다. 중심 신호의 결정은, 센서 신호의 비교가 통상적인 전자장치에 의해 상당히 간단하게 구현되기 때문에, 전자적으로 수행될 수 있거나, 또는 소프트웨어에 의해 전체적으로 또는 부분적으로 수행될 수 있다. 구체적으로, 중심 신호는: 가장 높은 센서 신호; 가장 높은 센서 신호로부터 미리 결정된 공차 범위 내에 있는 센서 신호 그룹의 평균; 가장 높은 센서 신호를 갖는 픽셀과 미리 결정된 인접 픽셀 그룹을 포함하는 픽셀 그룹으로부터의 센서 신호의 평균; 가장 높은 센서 신호를 갖는 픽셀을 포함하는 픽셀 그룹으로부터의 그리고 미리 결정된 인접 픽셀 그룹으로부터의 센서 신호의 합; 가장 높은 센서 신호로부터 미리 결정된 공차 범위 내에 있는 센서 신호 그룹의 합; 미리 결정된 임계치보다 큰 센서 신호 그룹의 평균; 미리 결정된 임계치보다 큰 센서 신호 그룹의 합; 가장 높은 센서 신호를 갖는 광 센서를 포함하는 광 센서 그룹과 미리 결정된 인접 픽셀 그룹의 센서 신호의 적분; 가장 높은 센서 신호로부터 미리 결정된 공차 범위 내에 있는 센서 신호 그룹의 적분; 미리 결정된 임계치보다 큰 센서 신호 그룹의 적분으로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다.

[0097] "합 신호"라는 용어는 일반적으로 빔 프로파일의 에지 정보를 본질적으로 포함하는 신호를 지칭한다. 예를 들어, 합 신호는 센서 신호를 가산하거나, 센서 신호를 적분하거나, 전체 매트릭스의 또는 매트릭스 내의 관심 영역의 센서 신호를 평균함으로써 도출될 수 있으며, 여기서 관심 영역은 매트릭스의 광학 센서에 의해 생성된 이미지 내에서 미리 결정되거나 결정될 수 있다. 센서 신호를 합산, 적분 또는 평균화 할 때, 센서 신호가 생성되는 실제 광 센서는 합산, 적분 또는 평균화에서 제외되거나, 또는 대안적으로 합산, 적분 또는 평균화에 포함될 수 있다. 평가 디바이스는 합 신호를 전체 매트릭스의 신호 또는 매트릭스 내의 관심 영역의 신호를 적분함으로써 결정하도록 적응될 수 있다. 예를 들어, 빔 프로파일은 사다리꼴 빔 프로파일일 수 있고, 평가 디바이스는 전체 사다리꼴의 적분을 결정하도록 적응될 수 있다. 또한, 사다리꼴 빔 프로파일이 가정될 수 있을 때, 에지 및 중심 신호의 결정은 에지의 기울기 및 위치의 그리고 중심 고원의 높이의 결정과 같은 사다리꼴 빔 프로파일의 속성을 사용하고 에지 및 중심 신호를 기하학적 고려에 의해 도출하는 등가 평가에 의해 대체될 수 있다.

[0098] 유사하게, 중심 신호 및 에지 신호는 또한 빔 프로파일의 원형 세그먼트와 같은 빔 프로파일의 세그먼트를 사용함으로써 결정될 수 있다. 예를 들어, 빔 프로파일은 빔 프로파일의 중심을 통과하지 않는 시컨트(secant) 또는 코드(chord)에 의해 2개의 세그먼트로 분할될 수 있다. 따라서 한 세그먼트는 기본적으로 에지 정보를 포함하고 다른 세그먼트는 기본적으로 중심 정보를 포함한다. 예를 들어, 중심 신호에서 에지 정보의 양을 더 줄이기 위해, 중심 신호로부터 에지 신호를 더 뺄 수 있다.

[0099] 몫(Q)이라고도 하는 조합된 신호(Q)는 중심 신호와 합 신호를 조합함으로써 생성된 신호일 수 있다. 구체적으로, 결정은, 중심 신호와 합 신호의 몫을 형성하거나 또는 그 반대; 중심 신호의 배수와 합 신호의 배수의 몫을 형성하거나 또는 그 반대; 중심 신호의 선형 조합과 합 신호의 선형 조합의 몫을 형성하거나 또는 그 반대 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 몫(Q)은 중심 신호와 합 신호 간의 비교에 대한 적어도 하나의 정보를 포함하는 임의의 신호 또는 신호 조합을 포함할 수 있다.

[0100] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "제1 반사 특징에 대한 중방향 좌표"라는 용어는 제1 카메라와 물체 사이의 거리를 지칭할 수 있다. 평가 디바이스는 조합된 신호와 중방향 좌표 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 중방향 좌표를 결정하도록 구성될 수 있다. 미리 결정된 관계는 경험적 관계, 반-경험적 관계 및 분석적으로 도출된 관계 중 하나 이상일 수 있다. 평가 디바이스는 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 미리 결정된 관계를 저장하기 위한 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스를 포함할 수 있다.

[0101] 평가 디바이스는 0차 이상의 모든 제1 반사 특징에 대한 거리를 계산하는 적어도 하나의 광자 비율 기반 깊이 알고리즘을 실행하도록 구성될 수 있다.

- [0102] 평가 디바이스는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 결정된 종방향 좌표를 사용함으로써 매칭하도록 구성될 수 있다.
- [0103] 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 각각에 대해 종방향 영역을 결정하도록 구성될 수 있고, 여기서 종방향 영역은 반사 특징의 종방향 좌표 및 에러 구간( $\pm \varepsilon$ )에 의해 주어진다.
- [0104] 평가 디바이스는 선택된 제1 반사 특징과 본질적으로 동일한 종방향 좌표를 갖는 제2 반사 이미지에서 적어도 하나의 제2 반사 특징을 식별하도록 적응될 수 있다. "본질적으로 동일한"이라는 용어는 10% 이내, 바람직하게는 5%, 가장 바람직하게는 1% 이내의 동일을 지칭한다. 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징은 에피폴라 기하학(epipolar geometry)을 사용하여 결정될 수 있다. 에피폴라 기하학의 설명에 대해서는, 예를 들어 X. Jiang, H. Bunke의 2장: Dreidimensionales Computersehen" Springer, Berlin Heidelberg, 1997이 참조된다. 에피폴라 기하학은 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지가 고정된 거리를 갖는 상이한 공간 위치 및/또는 공간 방향에서 결정된 물체의 이미지라고 가정할 수 있다. 평가 디바이스는 제2 반사 이미지에서 에피폴라 라인을 결정하도록 적응될 수 있다. (제1 카메라의) 제1 반사 이미지 및 (제2 카메라의) 제2 반사 이미지의 베이스 라인은 알려져 있을 수 있다. 예를 들어, 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지의 상대적 위치는 평가 디바이스의 적어도 하나의 저장 유닛 내에 저장될 수 있다. 평가 디바이스는 선택된 제1 반사 특징으로부터 연장되는 직선을 결정하도록 적응될 수 있다. 직선은 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 가능한 물체 특징을 포함할 수 있다. 직선과 베이스라인은 에피폴라 평면에 걸쳐 있다. 제2 반사 이미지가 제1 반사 이미지와는 상이한 상대 위치에서 결정됨에 따라, 대응하는 가능한 물체 특징은 에피폴라 라인이라고 불리는 제2 반사 이미지 내 직선 상에서 이미징될 수 있다. 따라서, 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 이미지의 특징은 에피폴라 라인 상에 놓인다.
- [0105] 평가 디바이스는 종방향 영역에 대응하는 제2 반사 이미지 내 적어도 하나의 변위 영역(displacement region)을 결정하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서, "변위 영역"은 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징이 이미징될 수 있는 제2 반사 이미지 내의 영역을 지칭한다. 구체적으로, 변위 영역은 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징이 제2 반사 이미지 내에 위치될 것으로 예상되는 제2 반사 영역 내의 영역일 수 있다. 물체와의 거리에 따라, 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징의 이미지 위치는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징의 이미지 위치에 비해 제2 반사 이미지 내에서 변위 될 수 있다. 변위 영역은 하나의 제2 반사 특징만을 포함할 수 있다. 변위 영역은 또한 하나 초과와 제2 반사 특징을 포함할 수 있다. 변위 영역은 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인의 섹션을 포함할 수 있다. 변위 영역은 하나 초과와 에피폴라 라인 또는 하나 초과와 에피폴라 라인의 하나 초과와 섹션을 포함할 수 있다. 변위 영역은 에피폴라 라인을 따라, 에피폴라 라인과 직교하거나, 둘 모두를 따라 연장될 수 있다. 평가 디바이스는 거리 특징에 대응하는 에피폴라 라인을 따르는 제2 반사 특징을 결정하고, 에러 구간( $\pm \varepsilon$ )에 대응하거나 에피폴라 라인에 직교하는 에피폴라 라인을 따르는 변위 영역의 범위를 결정하도록 적응될 수 있다. 거리 추정치의 측정 불확실성은 측정 불확실성이 방향에 따라 다를 수 있으므로 비원형인 변위 영역이 발생할 수 있다. 구체적으로, 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인들을 따른 측정 불확실성은 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인들에 대한 직교 방향의 측정 불확실성보다 클 수 있다. 변위 영역은 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인들에 대해 직교 방향으로의 연장을 포함할 수 있다.
- [0106] 평가 디바이스는 변위 영역 내에서 제1 반사 특징 중 하나와 제2 반사 특징 중 하나를 각각 매칭하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 결정된 종방향 좌표를 고려한 적어도 하나의 평가 알고리즘을 사용함으로써 각각의 변위 영역 내에서 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하도록 구성될 수 있다. 평가 알고리즘은 선형 스케일링 알고리즘일 수 있다.
- [0107] 평가 디바이스는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 변위를 결정하도록 구성될 수 있다. 변위는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징의 이미지 위치와 제2 반사 이미지 내의 제2 반사 특징의 이미지 위치 간의 차이일 수 있다. 이미지 위치는 각각의 반사 이미지 내의 픽셀 좌표일 수 있다. 평가 디바이스는 종방향 좌표와 변위 간의 미리 결정된 관계를 사용하여 삼각측량에 의해 정제된 종방향 좌표를 결정하도록 구성될 수 있다. 더 높은 베이스라인을 갖는 제2 카메라에 의한 삼각 측량을 사용하는 것은 정확도가 향상될 수 있게 한다.
- [0108] 미리 결정된 관계는 경험적 관계, 반-경험적 관계 및 분석적으로 도출된 관계 중 하나 이상일 수 있다. 평가 디바이스는 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 미리 결정된 관계를 저장하기 위한 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스를 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 삼각측량 방법을 사용함으로써 미리 결정된 관계를 결정하도록 적응될 수 있다. 제1 반사 이미지 내의 선택된 제1 반사 특징의 위치 및 매칭된 제2 반사 특징의 위치 및/또는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 상대적 변위가 알려진 경우, 정제된 종방향 좌표는 삼각측량에 의해 결정

될 수 있다. 따라서, 평가 디바이스는, 예를 들어 후속 및/또는 열 별로 제1 반사 특징을 선택하고 제2 반사 특징의 각각의 잠재적 위치에 대해 대응하는 거리 값을 삼각 측량을 사용하여 결정하도록 적응될 수 있다. 변위 및 대응하는 거리 값은 평가 디바이스의 적어도 하나의 저장 디바이스에 저장될 수 있다.

[0109] 추가적으로 또는 대안적으로, 평가 디바이스는 다음 단계:

[0110] - 각각의 제1 반사 특징의 이미지 위치에 대한 변위 영역을 결정하는 단계;

[0111] - 이를테면 에피폴라 라인을 변위 영역에 가장 가까운/가깝거나 변위 영역 내에 있는/있거나 에피폴라 라인과 직교하는 방향을 따른 변위 영역에 가장 가까운 에피폴라 라인을 할당함으로써 에피폴라 라인을 각각의 제1 반사 특징의 변위 영역에 할당하는 단계;

[0112] - 이를테면 할당된 변위 영역에 가장 가까운/가깝거나 할당된 변위 영역 내에 있는/있거나 할당된 에피폴라 라인을 따른 할당된 변위 영역에 가장 가까운/가깝거나 할당된 에피폴라 라인을 따른 할당된 변위 영역 내에 있는 제2 반사 특징을 할당함으로써 적어도 하나의 제2 반사 특징을 각각의 제1 반사 특징에 할당 및/또는 결정하는 단계

[0113] 를 수행하도록 구성될 수 있다.

[0114] 추가적으로 또는 대안적으로, 평가 디바이스는 이를테면, 제2 반사 이미지 내의 제1 반사 특징 및/또는 에피폴라 라인의 거리를 비교하고/하거나 제2 반사 이미지 내의 제1 반사 특징 및/또는 에피폴라 라인의  $\varepsilon$ -가중 거리 ( $\varepsilon$ -weighted distance)와 같은 여러 가중 거리를 비교하고 에피폴라 라인 및/또는 제2 반사 특징을 제2 반사 특징 및/또는 제1 반사 특징에 더 짧은 거리 및/또는  $\varepsilon$ -가중 거리에 할당함으로써 하나 초과와 에피폴라 라인 및/또는 제1 반사 특징에 할당된 제2 반사 특징 사이에서 결정하도록 적응될 수 있다.

[0115] 평가 디바이스는 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 그들의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성된다. 본 명세서에서 사용되는 "조합된 재료 속성"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 제1 및 제2 반사 특징으로부터의 정보를 사용 및/또는 고려함으로써 결정된 재료 속성을 지칭할 수 있다. 조합된 재료 속성을 결정하는 것은 각각의 제1 반사 특징 및 제2 반사 특징에 대한 재료 속성을 결정하고 결정된 재료 속성을 조합된 재료 속성에 조합하는 것을 포함할 수 있다. 이것은 측정 불확실성을 줄일 수 있다. 프로젝터는 조명 특징을 물체에 투사할 수 있다. 두 카메라는 모두 물체를 투사된 조명 특징에 의해 이미징할 수 있다. 제1 및 제2 반사 특징의 빔 프로파일은 재료 속성의 결정 품질이 높아질 수 있게 평가될 수 있다. 빔 프로파일 분석은 물체의 추가적인 재료 정보를 추출할 수 있게 한다. 2대의 카메라를 사용한 이러한 설정은 특히 확고성의 측면에서 재료 검출을 향상시킬 수 있다. 물체의 조명 특징에 대한 2개의 상이한 시야는 재료 산란 속성의 정보를 더 많이 제공할 수 있다. 2개의 상이한 시야를 사용함으로써, 샘플 크기가 2배씩 증가하여 특징 기반 재료 검출을 강화하게 할 수 있다. 보다 확고한 재료 결정은 스펙트럼 노이즈에 의한 재료 거칠기, 후방 산란 광 세기, 재료의 서브산란 속성, 샘플 크기 증가에 의한 노이즈 감소 덕분에 가능할 수 있다. 2개 시야의 사용은 플라스틱 호일과 같은 고반사 재료에 특히 유리할 수 있다.

[0116] 각각의 반사 특징의 재료 속성의 결정은 빔 프로파일 분석을 사용하여 수행될 수 있다. 특히 빔 프로파일 분석은 물체 표면에 투사된 코히어런트 광(coherent light)의 반사 속성을 사용하여 재료를 분류한다. 재료의 분류는 WO 2020/187719, WO 2021/170791 A1 및/또는 WO 2021/152070 중 하나에 기재된 바와 같이 수행될 수 있으며, 그 전체 내용은 참조로 포함된다. 구체적으로, 카메라에 의해 기록된 각 반사 특징의 빔 프로파일의 분석은 특징 기반 방법에 의해 수행될 수 있다. 특징 기반 방법은 다음과 같이 설명될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 머신 러닝 방법이 사용될 수 있다. 특징 기반 방법은 피부 분류 모델의 파라미터화를 허용할 수 있는 머신 러닝 방법과 조합하여 사용될 수 있다. 대안적으로 또는 조합하여, 컨볼루션 뉴런 네트워크(convolutional neuronal network)는 반사 이미지를 입력으로서 사용함으로써 피부를 분류하는데 사용될 수 있다.

[0117] 예를 들어, 평가 디바이스는, 그의 반사 빔 프로파일이 적어도 하나의 미리 결정된 또는 미리 정의된 기준을 충족하는 경우, 생물학적 조직, 특히 인간 피부를 조명함으로써 생성된 반사 특징을 식별하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "적어도 하나의 미리 결정된 또는 미리 정의된 기준"이라는 용어는 생물학적 조직, 특히 인간의 피부를 다른 재료와 구별하기에 적합한 적어도 하나의 속성 및/또는 값을 지칭한다. 미리 결정되거나 미리 정의된 기준은 재료 속성을 지칭하는 적어도 하나의 미리 결정되거나 미리 정의된 값 및/또

는 임계치 및/또는 임계치 범위를 포함하거나 포함할 수 있다. 반사 특징은 반사 빔 프로파일이 적어도 하나의 미리 결정된 또는 미리 정의된 기준을 충족하는 경우에 생물학적 조직에 의해 생성되는 것으로 표시될 수 있다. 평가 디바이스는 그렇지 않으면 반사 특징을 비-피부인 것으로 식별하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "생물학적 조직"이라는 용어는 일반적으로 살아 있는 세포를 포함하는 생물학적 재료를 지칭한다. 구체적으로, 평가 디바이스는 피부 검출을 위해 구성될 수 있다. 생물학적 조직, 특히 인간의 피부에 의해 생성되는 "식별"이라는 용어는 검사될 또는 시험 중인 표면이 생물학적 조직, 특히 인간의 피부인지 또는 이를 포함하는지를 결정 및/또는 검증하고/하거나 생물학적 조직, 특히 인간의 피부를 다른 조직, 특히 다른 표면과 구별하는 것을 지칭할 수 있다. 본 발명은 무기 조직, 금속 표면, 플라스틱 표면, 폼, 종이, 목재, 디스플레이, 스크린, 천 중 하나 이상으로부터 인간의 피부를 구별할 수 있게 할 수 있다. 본 발명은 인간의 생물학적 조직을 인공적 또는 비생명체(non-living object)의 표면으로부터 구별할 수 있게 할 수 있다.

[0118] 피부의 반사 속성은 표면에서의 직접 반사(램버티안형(Lambertian-like))와 표면 아래에서의 산란(subsurface scattering)(볼륨 산란(volume scattering))이 동시에 발생하는 것에 의해 특징화될 수 있다. 이것은 위에서 언급된 재료에 비해 피부의 레이저 스폿이 넓어질 수 있게 한다. 예를 들어, 이론에 얽매이고 싶지 않지만, 물체, 예를 들어 인간의 피부는 후방 산란 프로파일이라고도 하는 반사 프로파일을 가질 수 있다. 반사 프로파일은 표면 반사라고 하는 표면의 후방 반사에 의해 생성된 부분, 및 후방 반사의 확산 부분이라고 하는 피부 침투 광으로부터의 확산 반사에 의해 생성된 부분을 포함할 수 있다. 인간 피부의 반사 프로파일에 관해서는, "Lasertechnik in der Medizin: Grundlagen, Systeme, Anwendungen", "Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe", 1991, 171-266페이지, Jürgen Eichler, Theo Seiler, Springer Verlag, ISBN 0939-0979가 참조된다. 피부의 표면 반사는 파장이 근적외선을 향해 증가함에 따라 증가할 수 있다. 또한, 침투 깊이는 가시광으로부터 근적외선으로 파장이 증가함에 따라 증가할 수 있다. 후방 반사의 확산 부분은 광의 침투 깊이에 따라 증가할 수 있다. 이러한 속성은 후방 산란 프로파일을 분석함으로써 피부를 다른 재료와 구별하기 위해 사용될 수 있다.

[0119] 구체적으로, 평가 디바이스는 반사 빔 프로파일을 적어도 하나의 미리 결정된 및/또는 미리 기록된 및/또는 미리 정의된 빔 프로파일과 비교하도록 구성될 수 있다. 미리 결정된 및/또는 미리 기록된 및/또는 미리 정의된 빔 프로파일은 테이블 또는 록업 테이블에 저장될 수 있고, 예를 들어, 경험적으로 결정될 수 있고, 예를 들어, 검출기의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에 저장될 수 있다. 예를 들어, 미리 결정된 및/또는 미리 기록된 및/또는 미리 정의된 빔 프로파일은 본 발명에 따른 방법을 실행하는 디바이스의 초기 시동 동안 결정될 수 있다. 예를 들어, 미리 결정된 및/또는 미리 기록된 및/또는 미리 정의된 빔 프로파일은 평가 디바이스의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에, 예를 들어 소프트웨어에 의해, 구체적으로는 앱 스토어 또는 등등으로부터 다운로드된 앱에 의해 저장될 수 있다. 반사 특징은 반사 빔 프로파일과 미리 결정된 및/또는 미리 기록된 및/또는 미리 정의된 빔 프로파일이 동일한 경우에 생물학적 조직에 의해 생성되는 것으로서 식별될 수 있다. 비교는 반사 빔 프로파일과 미리 결정되거나 미리 정의된 빔 프로파일을 중첩시켜 그들의 세기 중심이 일치하도록 하는 것을 포함할 수 있다. 비교는 반사 빔 프로파일과 미리 결정된 및/또는 미리 기록된 및/또는 미리 정의된 빔 프로파일 사이의 편차, 예를 들어, 포인트 대 포인트 거리의 제곱의 합을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 결정된 편차를 적어도 하나의 임계치와 비교하도록 적용될 수 있으며, 여기서 결정된 편차가 임계치 보다 작고/작거나 동일한 경우 표면은 생물학적 조직으로서 표시되고/되거나 생물학적 조직의 검출이 확인된다. 임계 값은 테이블 또는 록업 테이블에 저장될 수 있으며, 예를 들어 경험적으로 결정될 수 있고, 예를 들어 평가 디바이스의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에 저장될 수 있다.

[0120] 추가적으로 또는 대안적으로, 재료 속성은 적어도 하나의 이미지 필터를 반사 특징의 이미지에 적용함으로써 결정될 수 있다. 본 명세서에서 또한 사용되는 바와 같이, "이미지"라는 용어는 2차원 함수( $f(x,y)$ )를 지칭하며, 여기서 밝기 및/또는 색상 값은 이미지의 임의의  $x,y$  위치에 대해 주어진다. 위치는 기록 픽셀에 대응하여 이산화(discretized)될 수 있다. 밝기 및/또는 색상은 광 센서의 비트-심도에 따라 이산화될 수 있다. 본 명세서에서 또한 사용되는 바와 같이, "이미지 필터"라는 용어는 빔 프로파일 및/또는 빔 프로파일의 적어도 하나의 특정 영역에 적용되는 적어도 하나의 수학적 연산을 지칭한다. 구체적으로, 이미지 필터( $\Phi$ )는 이미지( $f$ ) 또는 이미지의 관심 영역을 실수에 매핑하고,  $\Phi(f(x,y)) = \varphi$ , 여기서  $\varphi$ 는 특징, 특히 재료 특징을 나타낸다. 이미지에는 노이즈가 있을 수 있으며 특징에 대해서도 마찬가지이다. 그러므로, 특징은 랜덤 변수일 수 있다. 특징은 정상적으로 분포될 수 있다. 특징이 정상적으로 분포되지 않으면, 박스-콕스-변환(Box-Cox-Transformation)과 같이 정상적으로 분포되도록 변환될 수 있다.

[0121] 평가 디바이스는 적어도 하나의 재료 의존적(material dependent) 이미지 필터( $\Phi_2$ )를 이미지에 적용함으로써

적어도 하나의 재료 특징( $\Phi_{2m}$ )을 결정하도록 구성된다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "재료 의존적(material dependent)" 이미지 필터는 재료 의존적 출력을 갖는 이미지를 지칭한다. 재료 의존적 이미지 필터의 출력은 본 명세서에서 "재료 특징( $\Phi_{2m}$ )" 또는 "재료 의존적 특징( $\Phi_{2m}$ )"으로 표시된다. 재료 특징은 반사 특징을 생성한 장면의 표면의 적어도 하나의 재료 속성에 관한 적어도 하나의 정보일 수 있거나 또는 이를 포함할 수 있다.

[0122] 재료 의존적 이미지 필터는 휘도 필터; 스폿 형상 필터; 제곱 놈 그래디언트(squared norm gradient); 표준 편차; 가우시안 필터 또는 메디안 필터와 같은 평활도 필터(smoothness filter); 그레이 레벨 발생 기반 콘트라스트 필터(grey-level-occurrence-based contrast filter); 그레이 레벨 발생 기반 에너지 필터; 그레이 레벨 발생 기반 동질성 필터; 그레이 레벨 발생 기반 이질성 필터; 로우즈 에너지 필터(Law's energy filter); 임계 영역 필터; 또는 이들의 선형 조합; 또는 휘도 필터, 스폿 형상 필터, 제곱 놈 그래디언트(squared norm gradient), 표준 편차, 평활도 필터, 그레이 레벨 발생 기반 에너지 필터, 그레이 레벨 발생 기반 동질성 필터, 그레이 레벨 발생 기반 이질성 필터, 로우즈 에너지 필터, 임계 영역 필터, 또는 이들의 선형 조합 중 하나 이상과  $|p_{\Phi_{2other}, \Phi_m}| \geq 0.40$ 에 의해 상관관계가 있는 추가 재료 의존적 이미지 필터( $\Phi_{2other}$ )로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 적어도 하나의 필터일 수 있으며,  $\Phi_m$ 은 휘도 필터, 스폿 형상 필터, 제곱 놈 그래디언트, 표준 편차, 평활도 필터, 그레이 레벨 발생 기반 에너지 필터, 그레이 레벨 발생 기반 동질성 필터, 그레이 레벨 발생 기반 이질성 필터, 로우즈 에너지 필터, 임계 영역 필터, 또는 이들의 선형 조합 중 하나이다. 추가 재료 의존적 이미지 필터( $\Phi_{2other}$ )는 재료 의존적 이미지 필터( $\Phi_m$ ) 중 하나 이상과  $|p_{\Phi_{2other}, \Phi_m}| \geq 0.60$ 에 의해, 바람직하게는  $|p_{\Phi_{2other}, \Phi_m}| \geq 0.80$ 에 의해 상관관계가 있을 수 있다.

[0123] 재료 의존적 이미지 필터는 가설 테스트를 통과한 적어도 하나의 임의의 필터( $\Phi$ )일 수 있다. 여기서 사용되는 바와 같이, "가설 테스트 통과(passes a hypothesis testing)"라는 용어는 귀무 가설(Null-hypothesis)( $H_0$ )이 거부되고 대체 가설( $H_1$ )이 받아들여지는 사실을 지칭한다. 가설 테스트는 이미지 필터의 재료 의존성을 이미지 필터를 미리 정의된 데이터 세트에 적용함으로써 테스트하는 것을 포함할 수 있다. 데이터 세트는 복수의 빔 프로파일 이미지를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "빔 프로파일 이미지"라는 용어는 아래의  $N_B$ 개의 가우시안 방사형 기저 함수의 합을 지칭하고,

$$f_k(x, y) = \left| \sum_{l=0}^{N_B-1} g_{lk}(x, y) \right|,$$

$$g_{lk}(x, y) = a_{lk} e^{-(\alpha(x-x_{lk}))^2} e^{-(\alpha(y-y_{lk}))^2}$$

[0124]

[0125] 위 수식에서  $N_B$ 개 가우시안 방사형 기저 함수의 각각은 중심( $x_{lk}, y_{lk}$ ), 프리 팩터( $a_{lk}$ ) 및 지수 팩터( $\alpha = 1/\epsilon$ )에 의해 정의된다. 지수 팩터는 모든 이미지의 모든 가우스 함수에 대해 동일하다. 중심 위치( $x_{lk}, y_{lk}$ )는 모든 이미지( $f_k: (x_0, x_1, \dots, x_{N_B-1}), (y_0, y_1, \dots, y_{N_B-1})$ )에 대해 동일하다. 데이터 세트 내 빔 프로파일 이미지의 각각은 재료 분류기 및 거리에 대응할 수 있다. 재료 분류기는 '재료 A', '재료 B' 등의 라벨일 수 있다. 빔 프로파일 이미지는  $f_k(x, y)$ 에 대한 위의 수식식을 아래의 파라미터 테이블과 조합하여 사용함으로써 생성될 수 있다.

| 이미지<br>인덱스 | 재료 분류기,<br>재료 인덱스    | 거리 $z$   | 파라미터                                  |
|------------|----------------------|----------|---------------------------------------|
| $k = 0$    | 피부, $m = 0$          | 0.4 m    | $(a_{00}, a_{10}, \dots, a_{N_B-10})$ |
| $k = 1$    | 피부, $m = 0$          | 0.6 m    | $(a_{01}, a_{11}, \dots, a_{N_B-11})$ |
| $k = 2$    | 패브릭, $m = 1$         | 0.6 m    | $(a_{02}, a_{12}, \dots, a_{N_B-12})$ |
| $\vdots$   |                      | $\vdots$ |                                       |
| $k = N$    | 재료 $J$ , $m = J - 1$ |          | $(a_{0N}, a_{1N}, \dots, a_{N_B-1N})$ |

[0126]

[0127]

$x, y$ 에 대한 값은  $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \in [0, 1, \dots, 31]^2$ 의 픽셀에 대응하는 정수이다. 이미지의 픽셀 크기는 32x32일 수 있다. 빔 프로파일 이미지의 데이터 세트는  $f_k$ 의 연속적인 설명을 얻기 위해  $f_k$ 에 대한 위의 수학적 파라미터 세트와 조합하여 사용함으로써 생성될 수 있다. 32X32 이미지 내의 각 픽셀에 대한 값은,  $f_k(x, y)$ 에서,  $x, y$ 에 대해 0, ..., 31로부터의 정수 값을 삽입하여 얻을 수 있다. 예를 들어, 픽셀(6,9)에 대해서는, 값( $f_k(6,9)$ )이 계산될 수 있다.

[0128]

이어서, 각각의 이미지( $f_k$ )에 대해, 필터( $\phi$ )에 대응하는 특징 값( $\phi_k$ )이 계산될 수 있으며,  $\Phi(f_k(x, y), z_k) = \phi_k$ , 여기서  $z_k$ 는 미리 정의된 데이터 세트로부터의 이미지( $f_k$ )에 대응하는 거리 값이다. 이것은 생성된 대응하는 생성된 특징 값( $\phi_k$ )을 제공한다. 가설 테스트는 필터가 재료 분류기를 구별하지 않는다는 귀무 가설을 사용할 수 있다. 귀무 가설은  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_J$ 에 의해 주어질 수 있고, 여기서  $\mu_m$ 은 특징 값( $\phi_k$ )에 대응하는 각각의 재료 그룹의 기대 값이다. 인덱스( $m$ )는 재료 그룹을 나타낸다. 가설 테스트는 필터가 적어도 2개의 재료 분류기를 구별한다는 대체 가설로서 사용될 수 있다. 대체 가설은  $H_1: \exists m, m': \mu_m \neq \mu_{m'}$ 에 의해 주어질 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "재료 분류기 사이를 구별하지 않음"이라는 용어는 재료 분류기의 기대 값이 동일하다는 것을 지칭한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "재료 분류기를 구별"이라는 용어는 재료 분류기의 적어도 2개의 기대 값이 서로 다르다는 것을 지칭한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "적어도 2개의 재료 분류기를 구별"은 "적합한 재료 분류기"와 동의어로 사용된다. 가설 테스트는 생성된 특징 값에 대해 적어도 하나의 분산 분석(analysis of variance, ANOVA)을 포함할 수 있다. 특히, 가설 테스트는  $J$ 개 재료의 각각마다의 특징 값의 평균 값, 즉, 총  $J$ 개 평균 값  $\bar{\phi}_m = \frac{\sum_i \phi_{i,m}}{N_m}$ ,  $m \in [0, 1, \dots, J-1]$ 을 결정하는 것을 포함하고, 여기서  $N_m$ 은 미리 정의된 데이터 세트에서  $J$ 개 재료의 각각마다의 특징 값의 수를 제공한다. 가설 테스트는 모든  $N$ 개 특징 값의 평균 값  $\bar{\phi} = \frac{\sum_m \sum_i \phi_{i,m}}{N}$ 을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 가설 테스트는 아래 수학적식과 같이 평균 합 제곱(Mean Sum Square)을 결정하는 것을 포함할 수 있다:

[0129]

$$mssw = (\sum_m \sum_i (\phi_{i,m} - \bar{\phi}_m)^2) / (N - J)$$

[0130]

가설 테스트는 아래 수학적식과 같이 평균 제곱 합을 결정하는 것을 포함할 수 있다.

[0131]

$$mssb = (\sum_m (\bar{\phi}_m - \bar{\phi})^2 N_m) / (J - 1)$$

[0132]

가설 테스트는 F-테스트를 수행하는 것을 포함할 수 있다:

$$CDF(x) = I_{\frac{d_1 x}{d_1 x + d_2}} \left( \frac{d_1}{2}, \frac{d_2}{2} \right),$$

$$F(x) = 1 - CDF(x)$$

$$p = F(mssb/mssw)$$

여기에서,  $I_x$ 는 정규화된 불완전 베타 함수  $I_x(a, b) = \frac{B(x; a, b)}{B(a, b)}$ 이며, 오일러 베타 함수(Euler Beta-Function)

$B(a, b) = \int_0^1 t^{a-1}(1-t)^{b-1}dt$  및  $B(x; a, b) = \int_0^x t^{a-1}(1-t)^{b-1}dt$ 는 불완전 베타 함수이다. 이미지 필터는 p-값(p)이 사전 정의된 유의 레벨(level of significance)보다 작거나 같으면 가설 테스트를 통과할 수 있다. 필터는  $p \leq 0.075$ , 바람직하게는  $p \leq 0.05$ , 더욱 바람직하게는  $p \leq 0.025$ , 가장 바람직하게는  $p \leq 0.01$ 이면, 가설 테스트를 통과할 수 있다. 예를 들어, 사전 정의된 유의 수준이  $\alpha=0.075$ 인 경우, 이미지 필터는 p-값이  $\alpha=0.075$ 보다 작으면 가설 테스트를 통과할 수 있다. 이 경우 귀무 가설( $H_0$ )은 거부되고 대체 가설( $H_1$ )은 용인될 수 있다. 따라서 이미지 필터는 적어도 2개의 재료 분류기를 구별한다. 따라서, 이미지 필터는 가설 테스트를 통과한다.

아래에서, 이미지 필터는 반사 이미지가 적어도 하나의 반사 특징, 특히 스폿 이미지를 포함한다고 가정하여 설명된다. 스폿 이미지(f)는 함수  $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}_{\geq 0}$ 에 의해 주어질 수 있으며, 여기서 이미지(f)의 배경은 이미 감산되어 있을 수 있다. 그러나, 다른 반사 특징도 가능하다.

예를 들어, 재료 의존적 이미지 필터는 휘도 필터일 수 있다. 휘도 필터는 스폿의 휘도 측정치를 재료 특징으로서 반환할 수 있다. 재료 특징은 아래 수학식에 의해 결정될 수 있으며,

$$\varphi_{2m} = \Phi(f, z) = - \int f(x) dx \frac{z^2}{d_{ray} \cdot n},$$

여기서 f는 스폿 이미지이다. 스폿의 거리는 z로 표시되며, 여기서 z는 예를 들어 디포커스 기반 깊이(depth-from-defocus) 또는 광자 비율 기반 깊이(depth-from-photon ratio) 기법을 사용하고/하거나 삼각측량 기법을 사용함으로써 얻을 수 있다. 재료의 표면 법선은  $n \in \mathbb{R}^3$ 으로 주어지며 적어도 세 개의 측정 포인트에 걸쳐 있는 표면의 법선으로서 획득될 수 있다. 벡터  $d_{ray} \in \mathbb{R}^3$ 는 광원의 방향 벡터이다. 스폿의 위치가 디포커스 깊이 또는 광자 비율 기반 깊이 기법을 사용함으로써 그리고/또는 광원의 위치가 검출기 시스템의 파라미터로서 알려진 삼각측량 기법을 사용함으로써 알려지기 때문에,  $d_{ray}$ 는 스폿과 광원의 위치 사이의 차이 벡터이다.

예를 들어, 재료 의존적 이미지 필터는 스폿 형상에 의존하는 출력을 갖는 필터일 수 있다. 이러한 재료 의존적 이미지 필터는 재료 특징으로서 재료의 투명도와 상관관계가 있는 값을 반환할 수 있다. 재료의 투명도는 스폿의 형상에 영향을 끼친다. 재료 특징은 아래의 수학식으로 주어질 수 있고,

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \frac{\int H(f(x)-\alpha h) dx}{\int H(f(x)-\beta h) dx},$$

이 수학식에서  $0 < \alpha, \beta < 1$ 는 스폿 높이(h)에 대한 가중치이고, H는 헤비사이드 함수(Heavyside function)를 나타낸다, 즉,  $H(x) = 1 : x \geq 0, H(x) = 0 : x < 0$ 이다. 스폿 높이(h)는 아래 수학식에 의해 결정될 수 있고,

$$h = \int_{B_r} f(x) dx$$

이 수학식에서  $B_r$ 은 반경(r)을 갖는 한 스폿의 내측 원이다.

예를 들어, 재료 의존적 이미지 필터는 제곱 높 그래디언트일 수 있다. 이러한 재료 의존적 이미지 필터는 재

료 특징으로서 소프트 및 하드 전이의 측정 값 및/또는 스폿의 거칠기와 상관관계가 있는 값을 반환할 수 있다. 재료 특징은 아래 수학식에 의해 결정될 수 있다

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \int \|\nabla f(x)\|^2 dx$$

예를 들어, 재료 의존적 이미지 필터는 표준 편차일 수 있다. 스폿의 표준 편차는 아래 수학식에 의해 결정될 수 있고,

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \int (f(x) - \mu)^2 dx$$

이 수학식에서  $\mu$ 는  $\mu = \int f(x) dx$ 에 의해 주어진 평균 값이다.

예를 들어, 재료 의존적 이미지 필터는 가우시안 필터 또는 메디안 필터와 같은 평활도 필터일 수 있다. 평활도 필터의 일 실시예에서, 이러한 이미지 필터는 볼륨 산란이 확산 산란 재료에 비해 스펙클 콘트라스트가 더 적다는 것을 나타낸다는 관찰을 언급할 수 있다. 이러한 이미지 필터는 스펙클 콘트라스트에 대응하는 스폿의 평활도를 재료 특징으로서 정량화할 수 있다. 재료 특징은 아래 수학식에 의해 결정될 수 있으며,

$$\varphi_{2m} = \Phi(f, z) = \frac{\int |F(f)(x) - f(x)| dx}{\int f(x) dx} \cdot \frac{1}{z}$$

이 수학식에서,  $F$ 는 평활도 함수, 예를 들어 메디안 필터 또는 가우시안 필터이다. 이 이미지 필터는, 위 수학식에 기재된 바와 같이, 거리(z)로 나누는 것을 포함할 수 있다. 거리(z)는 예를 들어 디포커스 기반 깊이(depth-from-defocus) 또는 광자 비율 기반 깊이(depth-from-photon ratio) 기법을 사용하고/하거나 삼각측량 기법을 사용함으로써 결정될 수 있다. 이것은 필터가 거리에 민감하지 않게 할 수 있다. 평활도 필터의 일 실시예에서, 평활도 필터는 추출된 스펙클 노이즈 패턴의 표준 편차에 기초할 수 있다. 스펙클 노이즈 패턴 N은 경험적으로 아래의 수학식에 의해 설명될 수 있고,

$$f(x) = f_0(x) \cdot (N(X) + 1)$$

이 수학식에서  $f_0$ 는 디스페클 스폿(despeckled spot)의 이미지이다.  $N(X)$ 는 스펙클 패턴을 모델링하는 노이즈 용어이다. 디스페클 이미지의 계산은 어려울 수 있다. 따라서, 디스페클 이미지는 f의 평활화된 버전으로 근사화될 수 있고, 즉  $f_0 \approx F(f)$ , 여기서  $F$ 는 가우시안 필터 또는 메디안 필터와 같은 평활화 연산자이다. 따라서, 스펙클 패턴의 근사치는 아래 수학식에 의해 주어진다.

$$N(X) = \frac{f(x)}{F(f(x))} - 1$$

이 필터의 재료 특징은 아래 수학식에 의해 결정될 수 있으며,

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sqrt{\text{Var}\left(\frac{f}{F(f)} - 1\right)}$$

여기서 Var는 분산 함수를 나타낸다.

예를 들어, 이미지 필터는 그레이 레벨 발생 기반 콘트라스트 필터일 수 있다. 이 재료 필터는 그레이 레벨 발생 행렬  $M_{f,p}(g_1 g_2) = [p_{g_1, g_2}]$ 에 기초할 수 있고, 여기서  $p_{g_1, g_2}$ 는 그레이 조합  $((g_1, g_2)=[f(x_1, y_1), f(x_2, y_2)])$ 의 발생률이며, 관계  $p$ 는  $(x_1, y_1)$ 과  $(x_2, y_2)$  간의 거리를 정의하며, 이것은  $p(x, y)=(x+a, y+b)$ 이며, a 및 b는 0, 1로부터 선택된다.

그레이 레벨 발생 기반 콘트라스트 필터의 재료 특징은 아래 수학식에 의해 주어진다

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sum_{i,j=0}^{N-1} p_{ij}(i-j)^2$$

예를 들어, 이미지 필터는 그레이 레벨 발생 기반 에너지 필터일 수 있다. 이 재료 필터는 위에서 정의된 그레이 레벨 발생 매트릭스에 기초한다.

그레이 레벨 발생 기반 에너지 필터의 재료 특징은 아래 수학식에 의해 주어진다

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sum_{i,j=0}^{N-1} (p_{ij})^2$$

예를 들어, 이미지 필터는 그레이 레벨 발생 기반 동질성 필터일 수 있다. 이 재료 필터는 위에서 정의된 그레이 레벨 발생 매트릭스에 기초한다.

그레이 레벨 발생 기반 동질성 필터의 재료 특징은 아래 수학식에 의해 주어진다

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{p_{ij}}{1 + |i-j|}$$

예를 들어, 이미지 필터는 그레이 레벨 발생 기반 이질성 필터일 수 있다. 이 재료 필터는 위에서 정의된 그레이 레벨 발생 매트릭스에 기초한다.

그레이 레벨 발생 기반 이질성 필터의 재료 특징은 아래 수학식에 의해 주어진다

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = - \sum_{i,j=0}^{N-1} \sqrt{p_{ij} \log(p_{ij})}$$

예를 들어, 이미지 필터는 로우즈 에너지 필터일 수 있다. 이 재료 필터는 로우즈 필터( $L_5=[1,4,6,4,1]$  및  $E_5=[-1,-2,0,-2,-1]$ ) 및 매트릭스( $L_5(E_5)^T$  및  $E_5(L_5)^T$ )에 기초할 수 있다.

이미지( $f_k$ )는 이들 매트릭스를 이용하여 컨볼루션된다.

$$f_{k,L5E5}^*(x,y) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 f_k(x+i,y+j) L_5(E_5)^T$$

및

$$f_{k,E5L5}^*(x,y) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 f_k(x+i,y+j) E_5(L_5)^T$$

$$E = \int \frac{f_{k,L5E5}^*(x,y)}{\max(f_{k,L5E5}^*(x,y))} dx dy$$

$$F = \int \frac{f_{k,E5L5}^*(x,y)}{\max(f_{k,E5L5}^*(x,y))} dx dy$$

반면 로우즈 에너지 필터의 재료 특징은 아래 수학식에 의해 결정될 수 있다

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = E/F$$

예를 들어, 재료 의존적 이미지 필터는 임계 영역 필터일 수 있다. 이 재료 특징은 이미지 평면의 두 영역과 관련이 있을 수 있다. 제1 영역( $\Omega_1$ )은 함수( $f$ )가  $f$ 의 최대 값에  $\alpha$ 를 곱한 값보다 큰 영역일 수 있다. 제2 영역( $\Omega_2$ )은 함수  $f$ 가  $f$ 의 최소 값에  $\alpha$ 를 곱한 값보다 작지만,  $f$ 의 최대 값에 임계치( $\varepsilon$ )를 곱한 값보다 큰 영

역일 수 있다. 바람직하게는  $\alpha$ 는 0.5이고,  $\varepsilon$ 는 0.05일 수 있다. 스펙클 또는 노이즈로 인해, 영역은 스폿 중심 주변의 내측 및 외측 원에 단순히 대응하지 않을 수 있다. 예를 들어,  $\Omega_1$ 은 외측 원에 스펙클이 있거나 연결되지 않은 영역을 포함할 수 있다. 재료 특징은 아래 수학식에 의해 결정될 수 있으며,

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \frac{\int_{\Omega_1} 1}{\int_{\Omega_2} 1},$$

이 수학식에서  $\Omega_1 = \{x | f(x) > \alpha \cdot \max(f(x))\}$ 이고  $\Omega_2 = \{x | \varepsilon \cdot \max(f(x)) < f(x) < \alpha \cdot \max(f(x))\}$ 이다.

평가 디바이스는 재료 특징( $\varphi_{2m}$ )과 반사 특징을 생성한 표면의 재료 속성 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 반사 특징을 생성한 표면의 재료 속성을 결정하도록 구성될 수 있다. 미리 결정된 관계는 경험적 관계, 반-경험적 관계 및 분석적으로 도출된 관계 중 하나 이상일 수 있다. 평가 디바이스는 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 미리 결정된 관계를 저장하기 위한 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스를 포함할 수 있다.

추가적으로 또는 대안적으로, 반사 특징 각각의 재료 속성은 인공 지능, 특히 컨볼루션 뉴런 네트워크를 사용하여 수행될 수 있다. 반사 이미지를 컨볼루션 뉴런 네트워크에 대한 입력으로서 사용하는 것은 재료, 예를 들어 피부와 다른 볼륨 산란 재료를 구별할 수 있을 정도로 충분한 정확도를 가진 분류 모델을 생성할 수 있게 한다. 반사 이미지에서 중요한 영역을 선택함으로써 물리적으로 유효한 정보만이 네트워크에 전달되기 때문에, 콤팩트한 훈련 데이터 세트만이 필요할 수 있다. 추가적으로, 매우 콤팩트한 네트워크 아키텍처가 생성될 수 있다.

구체적으로, 적어도 하나의 파라미터화된 분류 모델이 사용될 수 있다. 파라미터화된 분류 모델은 반사 이미지를 입력으로서 사용함으로써 재료를 분류하도록 구성될 수 있다. 분류 모델은 머신 러닝, 딥 러닝, 뉴럴 네트워크, 또는 다른 형태의 인공 지능 중 하나 이상을 사용함으로써 파라미터화될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "머신 러닝"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 자동적으로 모델 구축을 위해, 특히 모델 파라미터화를 위해 인공지능(artificial intelligence)(AI)을 사용하는 방법을 지칭할 수 있다. "분류 모델"라는 용어는 재료, 예를 들어 인간의 피부를 다른 재료와 구별하도록 구성된 모델을 지칭할 수 있다. 각각의 재료마다의 속성 특징은 분류 모델에 관한 적어도 하나의 최적화 타겟 측면에서 최적화 알고리즘을 적용함으로써 결정될 수 있다. 머신 러닝은 적어도 하나의 뉴런 네트워크, 특히 컨볼루션 뉴럴 네트워크에 기초할 수 있다. 뉴런 네트워크의 가중치 및/또는 토폴로지(topology)는 미리 결정되고/되거나 미리 정의될 수 있다. 구체적으로, 분류 모델의 훈련은 머신 러닝을 사용하여 수행될 수 있다. 분류 모델은 적어도 하나의 머신 러닝 아키텍처 및 모델 파라미터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 머신 러닝 아키텍처는 선형 회귀, 로지스틱 회귀(logistic regression), 랜덤 포레스트(random forest), 나이브 베이즈 분류(naive Bayes classification), 최근접 이웃(nearest neighbor), 뉴럴 네트워크, 컨볼루션 뉴럴 네트워크, 생성적 적대 네트워크(generative adversarial network), 지원 벡터 머신 또는 그래디언트 부스팅 알고리즘 또는 등등 중 하나이거나 그 이상을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 러닝(learning)이라고도 하는 훈련(training)이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 분류 모델을 구축하는 프로세스, 특히, 분류 모델의 파라미터를 결정 및/또는 업데이트하는 프로세스를 지칭할 수 있다. 분류 모델은 적어도 부분적으로 데이터 구동형일 수 있다. 예를 들어, 피부 분류 모델은 복수의 인간 및 마스크와 같은 인공 물체를 조명하고 반사 패턴을 기록함으로써 결정된 데이터와 같은 실험 데이터에 기초할 수 있다. 예를 들어, 훈련은 적어도 하나의 훈련 데이터 세트를 사용하는 것을 포함할 수 있고, 훈련 데이터 세트는, 예를 들어, 알려진 재료 속성을 갖는 복수의 인간 및 인공 물체의 이미지, 특히 반사 이미지를 포함한다.

추가적으로 또는 대안적으로, 재료 속성은 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 양방향 반사 분포 함수를 사용하여 결정될 수 있다. 평가 디바이스는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 양방향 반사 분포 함수를 결정하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 양방향 반사 분포 함수를 평가하여 재료 속성을 결정하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "양방향 반사 분포 함수(bidirectional reflection distribution function, BRDF)"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 시야 각도에 따른 밝기 분포를 지칭할 수 있다. BRDF는 각각의 조명 특징에 대한 2개의 상이한 시야를 사용함으로써 결정된

결합된 빔 프로파일일 수 있다. 재료 속성은 양방향 반사 분포 함수에 의해 모델링될 수 있다. 예를 들어, 2017년 4월에 SCCG 2017에 제출된 사전 인쇄물인 J. Philip 등의 "BRDF Measurement of Highly-Specular Materials using a Goniometer"에서 설명된 바와 같이, 공간적으로 동질성 재료의 실제 모습은 BRDF를 통해 표현될 수 있다. BRDF는 광이 재료 표면에서 반사되는 방식을 정의하는 조명 방향  $\omega_i = \{\theta_i, \phi_i\}$  및 시야 방향  $\omega_v = \{\theta_v, \phi_v\}$ 의 4차원 벡터 값 함수  $f_r(\theta_i, \theta_v, \phi_i, \phi_v)$ 로서 설명될 수 있으며, 여기서  $\theta \in [0, \pi/2]$ 는 고도 각도이고,  $\phi \in [0, 2\pi]$ 는 구면 좌표계의 방위 각도이다. 물체에 대한 조명 특징의 2개의 시야는 BRDF를 샘플링 할 수 있게 한다.

[0187] 양방향 반사 분포 함수를 평가하는 것은 양방향 반사 분포 함수를 적어도 하나의 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수와 비교하는 것을 포함할 수 있다. 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수는 테이블 또는 룩업 테이블에 저장될 수 있고, 예를 들어, 경험적으로 결정될 수 있으며, 예를 들어, 평가 디바이스의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에 소프트웨어에 의해, 구체적으로는 앱 스토어 또는 등등으로부터 다운로드된 앱에 의해 저장될 수 있다.

[0188] 반사 특징은, 양방향 반사 분포 함수 및 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수가 적어도 공차 내에서 동일한 경우, 재료, 예를 들어, 생체 조직에 의해 생성되는 것으로서 식별될 수 있다. 양방향 반사 분포 함수를 평가하는 것은 양방향 반사 분포 함수를 적어도 하나의 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수와 비교하는 것을 포함할 수 있다. 비교는 양방향 반사 분포 함수 및 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수를 중첩시키는 것을 포함할 수 있다. 비교는 양방향 반사 분포 함수와 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수 사이의 편차, 예를 들어, 포인트 대 포인트 거리의 제곱의 합을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 평가 디바이스는 결정된 편차를 적어도 하나의 임계치와 비교하도록 적용될 수 있으며, 여기서 결정된 편차가 임계치 보다 작고/작거나 동일한 경우, 표면은 특정 재료, 예를 들어 생물학적 조직으로서 표시된다. 임계 값은 테이블 또는 룩업 테이블에 저장될 수 있으며, 예를 들어 경험적으로 결정될 수 있고, 예를 들어 평가 디바이스의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에 저장될 수 있다.

[0189] 검출기는 프로젝터에 대한 제1 카메라 및 제2 카메라 각각의 자동 교정 및/또는 서로와 관련하여 제1 카메라 및 제2 카메라의 자동 교정을 위해 구성될 수 있다. 프로젝터에 대한 제1 카메라 및 제2 카메라 각각의 교정과 관련하여, 2021년 11월 9일에 출원된 유럽 특허 출원 21207250.8이 참조되며, 그 전체 내용은 참조로 포함된다.

[0190] 본 발명의 다른 양태에서, 본 발명에 따라 적어도 하나의 검출기를 사용하여 적어도 하나의 물체의 재료 속성을 결정하여 적어도 하나의 재료 속성을 식별하기 위한 방법이 개시된다. 방법의 정의 및 실시예와 관련하여, 본 발명의 제1 양태에서 설명된 검출기의 설명이 참조된다.

[0191] 방법 단계는 주어진 순서로 수행될 수 있거나 상이한 순서로 수행될 수 있다. 또한, 리스트에 없는 하나 이상의 추가 방법 단계가 존재할 수 있다. 또한, 방법 단계 중 하나, 둘 이상 또는 심지어 모두 반복적으로 수행될 수 있다.

[0192] 방법은 다음의 단계:

[0193] a) 프로젝터를 사용하여 복수의 조명 특징을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴으로 물체를 조명하는 단계와;

[0194] b) 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 제1 카메라를 사용하여 이미징하는 단계 - 제1 카메라는 물체에 대한 제1 시야 방향 하에서 제1 반사 이미지가 이미징되도록 배열됨 - 와;

[0195] c) 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 제2 카메라를 사용하여 이미징하는 단계 - 제2 카메라는 물체에 대한 제2 시야 방향 하에서 제2 반사 이미지가 이미징되도록 배열되고, 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이함 - 와;

[0196] d) 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가 디바이스를 사용하여 평가하는 단계 - 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 이들의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정함 - 를 포함한다.

[0197] 방법은 컴퓨터로 구현될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "컴퓨터에 의해 구현"이라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는

맞춤화된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 적어도 하나의 처리 유닛을 포함하는 데이터 처리 수단과 같은 데이터 처리 수단을 사용하여 전체적으로 또는 부분적으로 구현되는 프로세스를 지칭할 수 있다.

- [0198] 본 명세서에서 또한 개시되고 제안되는 것은 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크에서 실행될 때 본 명세서에 포함된 실시예 중 하나 이상의 실시예에서 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 실행가능 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램이다. 구체적으로, 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어 및/또는 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장될 수 있다.
- [0199] 본 명세서에서 사용되는 "컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어" 및 "컴퓨터 판독가능 저장 매체"라는 용어는 구체적으로 컴퓨터-실행가능 명령어가 저장된 하드웨어 저장 매체와 같은 비일시적인 데이터 저장 수단을 지칭할 수 있다. 컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어 또는 저장 매체는 구체적으로 랜덤 액세스 메모리(random-access memory, RAM) 및/또는 판독 전용 메모리(read-only memory, ROM)와 같은 저장 매체이거나 이를 포함할 수 있다.
- [0200] 따라서, 구체적으로, 위에서 표시된 바와 같은 방법 단계 중 방법 단계 d)와 같은 하나, 둘 이상 또는 심지어 모두는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크를 사용함으로써, 바람직하게는 컴퓨터 프로그램을 사용함으로써 수행될 수 있다.
- [0201] 본 명세서에서 또한 개시되고 제안되는 것은 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크에서 실행될 때 본 명세서에 포함된 실시예 중 하나 이상의 실시예에서 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드 수단을 갖는 컴퓨터 프로그램 제품이다. 구체적으로, 코드 수단은 컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어 및/또는 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장될 수 있다.
- [0202] 본 명세서에서 또한 개시되고 제안되는 것은, 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 내로, 이를테면 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크의 워킹 메모리 또는 메인 메모리 내로 로딩된 후에, 본 명세서에 개시된 실시예 중 하나 이상에 따른 방법을 실행할 수 있는 데이터 구조가 저장된 데이터 캐리어이다.
- [0203] 본 명세서에서 또한 개시되고 제안되는 것은, 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크에서 실행될 때, 본 명세서에 개시된 실시예 중 하나 이상의 실시예에 따른 방법을 수행하기 위한, 머신 판독가능 캐리어 상에 저장된 프로그램 코드 수단을 갖는 컴퓨터 프로그램 제품이다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 컴퓨터 프로그램 제품은 거래 가능한 제품과 같은 프로그램을 지칭한다. 제품은 일반적으로 페이퍼 포맷과 임의의 포맷으로, 또는 컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어 및/또는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 상에 존재할 수 있다. 구체적으로, 컴퓨터 프로그램 제품은 데이터 네트워크를 통해 배포될 수 있다.
- [0204] 마지막으로, 본 명세서에 개시되고 제안되는 것은 본 명세서에 개시된 실시예 중 하나 이상의 실시예에 따른 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 시스템 또는 컴퓨터 네트워크에 의해 판독 가능한 명령어를 포함하는 변조된 데이터 신호이다.
- [0205] 본 발명의 컴퓨터-구현 양태를 참조하면, 본 명세서에 개시된 실시예 중 하나 이상의 실시예에 따른 방법 단계 중 하나 이상 또는 심지어 방법의 모든 방법 단계는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크를 사용함으로써 수행될 수 있다. 따라서, 일반적으로, 데이터의 제공 및/또는 조작을 포함하는 임의의 방법 단계는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크를 사용함으로써 수행될 수 있다. 일반적으로, 이러한 방법 단계는, 전형적으로 샘플을 제공하는 것과 같은 수동 작업을 요구하는 방법 단계 및/또는 실제 측정을 수행하는 특정 양태를 제외한, 방법 단계 중 임의의 단계를 포함할 수 있다.
- [0206] 구체적으로, 본 명세서에는 또한:
- [0207] - 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 - 프로세서는 본 명세서에 기술된 실시예 중 하나에 따른 방법을 수행하도록 적응됨 - 와,
- [0208] - 데이터 구조가 컴퓨터에서 실행되는 동안 본 명세서에 기술된 실시예 중 하나에 따른 방법을 수행하도록 적응된 컴퓨터 로딩 가능 데이터 구조와,
- [0209] - 컴퓨터 프로그램 - 컴퓨터 프로그램은 프로그램이 컴퓨터에서 실행되는 동안 본 명세서에 기술된 실시예 중 하나에 따른 방법을 수행하도록 적응됨 - 와,
- [0210] -컴퓨터 프로그램 - 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터 상에서 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행되

는 동안 본 명세서에 기술된 실시예 중 하나에 따른 방법을 수행하기 위한 프로그램 수단을 포함함 - 와,

- [0211] - 선행 실시예에 따른 프로그램 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램 - 프로그램 수단은 컴퓨터에 대해 판독 가능한 저장 매체에 저장됨 - 과,
- [0212] - 저장 매체 - 데이터 구조가 저장 매체 상에 저장되고 데이터 구조가 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크의 메인 및/또는 워킹 저장소에 로딩된 후에 본 명세서에 기술된 실시예 중 하나에 따른 방법을 수행하도록 적응됨 - 와,
- [0213] - 프로그램 코드 수단을 갖는 컴퓨터 프로그램 제품 - 프로그램 코드 수단은 저장 매체 상에 저장될 수 있거나 저장되어, 프로그램 코드 수단이 컴퓨터 상에서 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행되면, 본 명세서에 기술된 실시예 중 하나에 따른 방법을 수행함 -
- [0214] 이 개시된다.
- [0215] 본 발명에 따른 적어도 하나의 검출기를 포함하는 모바일 디바이스가 또한 개시된다. 모바일 디바이스는 이동 통신 디바이스, 태블릿 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터 중 하나 이상이다. 모바일 디바이스의 정의 및 실시예와 관련하여, 검출기 및 방법과 관련하여 기술된 정의 및 실시예가 참조된다.
- [0216] 본 발명의 추가 양태에서, 본 발명에 따른, 이를테면 위에서 설명된 또는 아래에서 더 상세히 설명되는 실시예 중 하나 이상의 실시예에 따른 검출기의 용도는: 교통 기술에서의 위치 측정; 엔터테인먼트 애플리케이션; 보안 애플리케이션; 감시 애플리케이션; 안전 애플리케이션; 인간-기계 인터페이스 애플리케이션; 물류 애플리케이션; 추적 애플리케이션; 실외 애플리케이션; 모바일 애플리케이션; 통신 애플리케이션; 사진 애플리케이션; 머신 비전 애플리케이션; 로봇 공학 애플리케이션; 품질 제어 애플리케이션; 제조 애플리케이션; 보행 모니터링 애플리케이션; 인체 모니터링 애플리케이션; 홈 케어; 스마트 리빙; 자동차 애플리케이션으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 사용 목적을 위해 제안된다.
- [0217] 본 발명의 검출기 및 디바이스의 추가 용도에 관해서는, WO 2018/091649 A1, WO 2018/091638 A1 및 WO 2018/091640 A1가 참조되며, 그 내용은 참조로 포함된다.
- [0218] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "갖는다", "포함한다" 또는 "구비한다"라는 용어 또는 그의 임의의 문법적 변형 용어는 배타적이지 않은 방식으로 사용된다. 따라서, 이들 용어는, 이들 용어에 의해 도입된 특징 이외에 더 이상의 특징이 이 문맥에서 기술된 엔티티에 존재하지 않는 상황과 하나 이상의 추가 특징이 존재하는 상황 둘 모두를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 표현 "A는 B를 갖는다", "A는 B를 포함한다" 및 "A는 B를 구비한다"라는 표현은, B 외에 A에 어떠한 다른 요소도 존재하지 않는 상황(즉, A가 단독으로 그리고 배타적으로 B로 이루어진 상황)과 B 외에 요소 C, 요소 D 및 E 또는 심지어는 또 다른 요소와 같은 하나 이상의 추가 요소가 엔티티 A에 존재하는 상황 둘 모두를 지칭할 수 있다.
- [0219] 또한, 특징 또는 요소가 전형적으로 한 번 또는 한 번을 초과하여 존재할 수 있음을 나타내는 "적어도 하나", "하나 이상"이라는 용어 또는 유사한 표현은 각각의 특징 또는 요소를 도입할 때 한 번만 사용된다는 것을 유의해야 한다. 대부분의 경우, 각각의 특징 또는 요소를 지칭할 때, 각각의 특징 또는 요소가 한 번 또는 한 번을 초과하여 존재할 수 있다는 사실에도 불구하고, "적어도 하나" 또는 "하나 이상"이라는 표현은 반복되지 않는다.
- [0220] 또한, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "바람직하게는", "보다 바람직하게는", "특히", "보다 특히", "구체적으로", "보다 구체적으로"이라는 용어 또는 유사한 용어는 대안적 가능성을 제한함이 없이 선택적인 특징과 함께 사용된다. 따라서, 이들 용어에 의해 도입된 특징은 선택적인 특징이며 어떤 방식으로든 청구항을 제한하려고 의도되지 않는다. 본 발명은 관련 기술분야의 통상의 기술자가 인식하는 바와 같이 대안적인 특징을 사용함으로써 수행될 수 있다. 유사하게, "본 발명의 실시예에서" 또는 유사한 표현에 의해 도입된 특징은 본 발명의 대안적인 실시예에 관한 어떠한 제한도 없고, 본 발명의 범위에 관한 어떠한 제한도 없고, 이러한 방식으로 도입된 특징을 본 발명의 다른 선택적 또는 비선택적 특징과 조합할 가능성에 관한 어떠한 제한도 없는, 선택적인 특징인 것으로 의도된다.
- [0221] 추가로 가능한 실시예를 배제하고 요약하면, 다음과 같은 실시예가 상정될 수 있다:
- [0222] 실시예 1. 적어도 하나의 물체의 적어도 하나의 재료 속성을 결정하기 위한 검출기로서, 이 검출기는
- [0223] - 복수의 조명 특징을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴에 의해 물체를 조명하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서와;

- [0224] - 적어도 하나의 제1 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제1 카메라 - 제1 센서 요소는 제1 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제1 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제1 광 센서는 물체로부터 제1 카메라로 전파되는 반사 광빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제1 카메라는 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제1 카메라는 제1 반사 이미지가 물체에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열됨 - 와;
- [0225] - 적어도 하나의 제2 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제2 카메라 - 제2 센서 요소는 제2 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제2 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제2 광 센서는 물체로부터 제2 카메라로 전파되는 반사 광빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제2 카메라는 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제2 카메라는 제2 반사 이미지가 물체에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열되고, 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이함 - 와;
- [0226] - 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가하도록 구성된 적어도 하나의 평가 디바이스 - 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 빔 프로파일의 분석에 의해 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 결정함 - 를 포함한다.
- [0227] 실시예 2. 선행하는 실시예에 따른 검출기에 있어서, 제1 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인은 제2 카메라와 프로젝터 사이의 베이스라인보다 짧다.
- [0228] 실시예 3. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 평가 디바이스는 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 양방향 반사 분포 함수를 결정하도록 구성되고, 평가 디바이스는 양방향 반사 분포 함수를 평가하여 조합된 재료 속성을 결정하도록 구성된다.
- [0229] 실시예 4. 선행하는 실시예에 따른 검출기에 있어서, 양방향 반사 분포 함수를 평가하는 것은 양방향 반사 분포 함수를 적어도 하나의 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수와 비교하는 것을 포함한다.
- [0230] 실시예 5. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 빔 프로파일의 분석에 의해 그리고 제2 재료 속성을 제2 반사 특징의 빔 프로파일의 분석에 의해 제1 재료 속성을 결정하도록 구성되고, 평가 디바이스는 상기 제 1 재료 속성 및 상기 제 2 재료 속성을 조합하여 조합된 재료 속성을 결정하도록 구성된다.
- [0231] 실시예 6. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 조명 패턴은 적어도 4000개의 조명 특징을 포함한다.
- [0232] 실시예 7. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 프로젝터는 적어도 하나의 이미터 및/또는 적어도 하나의 이미터 어레이를 포함하고, 이미터 각각은 적어도 하나의 반도체 레이저, 적어도 하나의 이중 헤테로구조 레이저, 적어도 하나의 외부 공동 레이저, 적어도 하나의 개별 한정 헤테로구조 레이저, 적어도 하나의 양자 캐스케이드 레이저, 적어도 하나의 분산 브래그 반사기 레이저, 적어도 하나의 폴라리톤 레이저, 적어도 하나의 하이브리드 실리콘 레이저, 적어도 하나의 확장 공동 다이오드 레이저, 적어도 하나의 양자점 레이저, 적어도 하나의 볼륨 브래그 격자 레이저, 적어도 하나의 인듐 비소 레이저, 적어도 하나의 갈륨 비소 레이저, 적어도 하나의 트랜지스터 레이저, 적어도 하나의 다이오드 펌핑 레이저, 적어도 하나의 분산 피드백 레이저, 적어도 하나의 양자 우물 레이저, 적어도 하나의 대역 간 캐스케이드 레이저, 적어도 하나의 반도체 링 레이저, 적어도 하나의 수직 공동 표면-방출 레이저와 같은 적어도 하나의 레이저 소스; 적어도 하나의 LED 또는 적어도 하나의 전구와 같은 적어도 하나의 비-레이저 광원으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 요소이고/이거나 이를 포함한다.
- [0233] 실시예 8. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 제1 카메라는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함하고, 제2 카메라는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함한다.
- [0234] 실시예 9. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 각각에 대한 중방향 좌표를 그들의 각각의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성된다.
- [0235] 실시예 10. 선행하는 실시예에 따른 검출기에 있어서, 빔 프로파일의 분석은 빔 프로파일의 적어도 하나의 제1 영역 및 적어도 하나의 제2 영역을 결정하는 것을 포함하고, 평가 디바이스는 제1 영역 및 제2 영역을 분할하는

것, 제1 영역 및 제2 영역의 배수를 분할하는 것, 제1 영역 및 제2 영역의 선형 조합을 분할하는 것 중 하나 이상에 의해 조합된 신호(Q)를 도출하도록 구성되고, 평가 디바이스는 조합된 신호(Q)와 종방향 좌표 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 종방향 좌표를 결정하도록 구성된다.

[0236] 실시예 11. 선행하는 두 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 평가 디바이스는 결정된 종방향 좌표를 사용함으로써 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하도록 구성되고, 평가 디바이스는 제1 반사 특징의 각각에 대해 종방향 영역을 결정하도록 구성되고, 종방향 영역은 반사 특징의 종방향 좌표 및 에러 구간( $\pm \varepsilon$ )에 의해 주어지고, 평가 디바이스는 종방향 영역에 대응하는 제2 반사 이미지에서 적어도 하나의 변위 영역을 결정하도록 구성된다.

[0237] 실시예 12. 선행하는 실시예에 따른 검출기에 있어서, 평가 디바이스는 변위 영역 내에서 제1 반사 특징 중 하나와 제2 반사 특징 중 하나를 각각 매칭하도록 구성된다.

[0238] 실시예 13. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 평가 디바이스는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 변위를 결정하도록 구성되고, 변위는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징의 이미지 위치와 제2 반사 이미지 내의 제2 반사 특징의 이미지 위치 간의 차이이고, 평가 디바이스는 종방향 좌표와 변위 간의 미리 결정된 관계를 사용하는 삼각측량에 의해 정제된 종방향 좌표를 결정하도록 구성된다.

[0239] 실시예 14. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 있어서, 검출기는 프로젝터에 대해 제1 카메라 및 제2 카메라 각각의 자동 교정 및/또는 서로에 대해 제1 카메라 및 제2 카메라의 자동 교정을 위해 구성된다.

[0240] 실시예 15. 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따라 적어도 하나의 재료 속성을 식별하기 위한 적어도 하나의 검출기를 사용하여 적어도 하나의 물체의 재료 속성을 결정하기 위한 방법으로서, 이 방법은 다음의 단계:

[0241] a) 프로젝터를 사용하여 복수의 조명 특징을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴에 의해 물체를 조명하는 단계와;

[0242] b) 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 제1 카메라를 사용하여 이미징하는 단계 - 제1 카메라는 물체에 대한 제1 시야 방향 하에서 제1 반사 이미지가 이미징되도록 배열됨 - 와;

[0243] c) 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 제2 카메라를 사용하여 이미징하는 단계 - 제2 카메라는 물체에 대한 제2 시야 방향 하에서 제2 반사 이미지가 이미징되도록 배열되고, 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이함 - 와;

[0244] d) 평가 디바이스를 사용하여 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가하는 단계 - 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정함 - 를 포함한다.

[0245] 실시예 16. 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램은, 프로그램이 검출기를 언급하는 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 의해 실행될 때, 검출기로 하여금 방법을 언급하는 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 방법을 수행하게 한다.

[0246] 실시예 17. 명령어를 포함하는 컴퓨터 관독가능 저장 매체는, 명령어가 검출기를 언급하는 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기에 의해 실행될 때, 검출기로 하여금 방법을 언급하는 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 방법을 수행하게 한다.

[0247] 실시예 18. 검출기를 언급하는 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 적어도 하나의 검출기를 포함하는 모바일 디바이스에 있어서, 모바일 디바이스는 이동 통신 디바이스, 태블릿 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터 중 하나 이상이다.

[0248] 실시예 19. 검출기를 언급하는 선행하는 실시예 중 어느 한 실시예에 따른 검출기의 용도는, 교통 기술에서의 위치 측정; 엔터테인먼트 애플리케이션; 보안 애플리케이션; 감시 애플리케이션; 안전 애플리케이션; 인간-기계 인터페이스 애플리케이션; 물류 애플리케이션; 추적 애플리케이션; 실외 애플리케이션; 모바일 애플리케이션; 통신 애플리케이션; 사진 애플리케이션; 머신 비전 애플리케이션; 로봇 공학 애플리케이션; 품질 제어 애플리케이션; 제조 애플리케이션; 보행 모니터링 애플리케이션; 인체 모니터링 애플리케이션; 홈 케어; 스마트 리빙; 자동차 애플리케이션으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 사용의 목적을 위한 것이다.

## 도면의 간단한 설명

[0249] 추가의 선택적 특징 및 실시예는 이후의 실시예의 설명에서, 바람직하게는 종속항과 함께 보다 상세하게 개시될 것이다. 여기서, 각각의 선택적 특징은 관련 기술 분야의 통상의 기술자가 인식할 수 있는 바와 같이, 임의의 실현 가능한 조합뿐만 아니라 분리된 방식으로 실현될 수 있다. 본 발명의 범위는 바람직한 실시예에 의해 제한되지 않는다. 실시예는 도면에서 개략적으로 도시된다. 여기서, 이들 도면에서의 동일한 참조 번호는 동일하거나 기능적으로 유사한 요소를 지칭한다.

도면에서:

도 1은 본 발명에 따른 검출기 및 모바일 디바이스의 일 실시예를 도시한다.

도 2는 본 발명에 따른 적어도 하나의 재료 속성을 결정하는 방법의 일 실시예를 도시한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0250] 도 1은 본 발명에 따른 적어도 하나의 물체(112)의 적어도 하나의 재료 속성을 결정하기 위한 검출기(110) 및 모바일 디바이스(114)의 일 실시예를 아주 개략적으로 도시한다. 검출기(110)는 모바일 폰 또는 스마트폰과 같은 모바일 디바이스(114)에 부착되거나 그 안에 통합되는 것 중 하나일 수 있다. 검출기(110)는 모바일 디바이스(114) 내에, 예를 들어 모바일 디바이스의 하우징 내에 통합될 수 있다.

[0251] 예를 들어, 물체(112)는 장면, 사람과 같은 인간, 목재, 카펫, 폼, 소와 같은 동물, 식물, 휴지 조각, 금속, 장난감, 금속성 물체, 음료, 과일과 같은 식품, 고기, 생선, 접시, 화장품, 응용 화장품, 천, 모피, 모발, 유지관 리용품, 크림, 오일, 분말, 카펫, 주스, 현탁액, 페인트, 식물, 신체, 신체의 일부, 유기 재료, 무기 재료, 반사 재료, 스크린, 디스플레이, 벽, 사진과 같은 종이 시트로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 물체 일 수 있다.

[0252] 예를 들어, 재료 속성은 거칠기, 재료 내로 광의 침투 깊이, 재료를 생물학적 또는 비생물학적 재료로 특징화하는 속성, 반사율, 스펙큘러 반사율, 확산 반사율, 표면 속성, 반투명도 측정, 산란, 구체적으로 후방 산란 거동 또는 등등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 속성일 수 있다. 적어도 하나의 재료 속성은 산란 계수, 반투명도, 투명도, 램버시안 표면 반사(Lambertian surface reflection)로부터의 편차, 스펙클(speckle) 등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 속성일 수 있다.

[0253] 적어도 하나의 재료 속성을 결정하는 것은 재료 속성을 식별하고, 특징화하며 물체(112)에 할당하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 검출기(110)는 미리 정의된 및/또는 미리 결정된 재료 속성의 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 리스트 및/또는 테이블을 포함하는 적어도 하나의 데이터베이스를 포함할 수 있다. 재료 속성의 리스트 및/또는 테이블은 검출기를 사용하여 적어도 하나의 테스트 측정을 수행함으로써, 예를 들어 알려진 재료 속성을 갖는 샘플을 사용하여 재료 테스트를 수행함으로써 결정 및/또는 생성될 수 있다. 재료 속성의 리스트 및/또는 테이블은 제조자 현장에서 그리고/또는 검출기의 사용자에게 의해 결정되고/되거나 생성될 수 있다. 재료 속성은 재료 명칭, 생물학적 또는 비생물학적 재료와 같은 재료 그룹, 반투명 또는 비반투명 재료, 금속 또는 비금속, 피부 또는 비피부, 모피 또는 비모피, 카펫 또는 비카펫, 반사 또는 비반사, 스펙큘러 반사 또는 비스펙큘러 반사, 폼 또는 비폼, 모발 또는 비모발, 거칠기 그룹 또는 등등 중 하나 이상과 같은 재료 분류기에 추가로 할당될 수 있다. 검출기(110)는 재료 속성 및 연관된 재료 명칭 및/또는 재료 그룹을 포함하는 리스트 및/또는 테이블을 포함하는 적어도 하나의 데이터베이스를 포함할 수 있다.

[0254] 검출기(110)는

[0255] - 복수의 조명 특징(120)을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴(118)에 의해 물체(112)를 조명하도록 구성된 적어도 하나의 프로젝터(116)와;

[0256] - 적어도 하나의 제1 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제1 카메라(122) - 여기서 제1 센서 요소는 제1 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제1 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제1 광 센서는 물체(112)로부터 제1 카메라(122)로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제1 카메라는 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제1 카메라(122)는 제1 반사 이미지가 물체(112)에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열됨 - 와;

- [0257] - 적어도 하나의 제2 센서 요소를 갖는 적어도 하나의 제2 카메라(124) - 제2 센서 요소는 제2 광 센서의 매트릭스를 갖고, 제2 광 센서는 각각 감광 영역을 갖고, 각각의 제2 광 센서는 물체(112)로부터 제2 카메라(124)로 전파되는 반사 광 빔에 의한 각각의 감광 영역의 조명에 응답하여 적어도 하나의 센서 신호를 생성하도록 설계되고, 제2 카메라는 조명 특징에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 이미징하도록 구성되고, 제2 카메라(124)는 제2 반사 이미지가 물체(112)에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열되고, 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이함 - 와;
- [0258] - 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가하도록 구성된 적어도 하나의 평가 디바이스(126) - 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정함 - 를 포함한다.
- [0259] 프로젝터(116)는 적어도 하나의 조명 패턴(118)을 물체(112) 상에, 구체적으로는 물체(112)의 표면 상에 투영하도록 구성된 광학 디바이스일 수 있다. 조명 특징(120)은 조명 패턴(118)의 적어도 부분적으로 확장된 특징일 수 있다. 조명 패턴(118)은 복수의 조명 특징(120)을 포함한다. 예를 들어, 조명 패턴(118)은 적어도 4000개 또는 심지어는 더 많은 조명 특징(120)을 포함한다.
- [0260] 조명 패턴(118)은 규칙적인, 특히 주기적인 패턴일 수 있다. 그러나, 다른 비정규 패턴도 가능할 수 있다. 조명 패턴(118)은 적어도 하나의 준랜덤 패턴; 적어도 하나의 소볼 패턴; 적어도 하나의 준주기 패턴; 적어도 하나의 포인트 패턴, 특히 의사 랜덤 포인트 패턴; 적어도 하나의 라인 패턴; 적어도 하나의 스트라이프 패턴; 적어도 하나의 체커보드 패턴; 적어도 하나의 삼각형 패턴; 적어도 하나의 직사각형 패턴; 적어도 하나의 육각형 패턴 또는 추가 볼록 타일링을 포함하는 패턴으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 패턴을 포함할 수 있다. 조명 패턴(118)은 적어도 하나의 포인트; 적어도 하나의 라인; 평행 또는 교차 라인과 같은 적어도 2개의 라인; 적어도 하나의 포인트 및 하나의 라인; 적어도 하나의 주기적 특징의 배열; 적어도 하나의 임의의 형상의 특징 패턴으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 조명 특징(120)을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 조명 패턴(118)은 적어도 하나의 미리 알려진 특징을 포함하는 적어도 하나의 패턴을 포함한다. 예를 들어, 조명 패턴(118)은 적어도 하나의 라인을 포함하는 적어도 하나의 라인 패턴을 포함한다. 예를 들어, 조명 패턴(118)은 평행 또는 교차 라인과 같은 적어도 2개의 라인을 포함하는 적어도 하나의 라인 패턴을 포함한다. 예를 들어, 프로젝터(116)는 포인트 또는 비-포인트-유사 특징의 클라우드를 생성 및/또는 투사하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로젝터(116)는 포인트 또는 비-포인트-유사 특징의 클라우드를 생성하도록 구성되어 조명 패턴(118)이 복수의 포인트 특징 또는 비-포인트-유사 특징을 포함할 수 있도록 한다.
- [0261] 프로젝터(116)는 적어도 하나의 이미터 및/또는 적어도 하나의 이미터 어레이를 포함할 수 있다. 각각의 이미터는 적어도 하나의 광 빔을 방출하도록 구성될 수 있다. 이미터 각각은 적어도 하나의 반도체 레이저, 적어도 하나의 이중 헤테로구조 레이저, 적어도 하나의 외부 공동 레이저, 적어도 하나의 개별 한정 헤테로구조 레이저, 적어도 하나의 양자 캐스캐이드 레이저, 적어도 하나의 분산 브래그 반사기 레이저, 적어도 하나의 폴라리톤 레이저, 적어도 하나의 하이브리드 실리콘 레이저, 적어도 하나의 확장 공동 다이오드 레이저, 적어도 하나의 양자점 레이저, 적어도 하나의 볼륨 브래그 격자 레이저, 적어도 하나의 인듐 비소 레이저, 적어도 하나의 갈륨 비소 레이저, 적어도 하나의 트랜지스터 레이저, 적어도 하나의 다이오드 펌핑 레이저, 적어도 하나의 분산 피드백 레이저, 적어도 하나의 양자 우물 레이저, 적어도 하나의 대역 간 캐스캐이드 레이저, 적어도 하나의 반도체 링 레이저, 적어도 하나의 수직 공동 표면-방출 레이저(VCSEL)와 같은 적어도 하나의 레이저 소스; 적어도 하나의 LED 또는 적어도 하나의 전구와 같은 적어도 하나의 비-레이저 광원으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 요소일 수 있고/있거나 이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 이미터는 VCSEL 어레이일 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "수직 공동 표면 방출 레이저"라는 용어는 광범위한 용어로서, 그의 통상적이고 관습적인 의미를 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 부여하기 위한 것이며 특별한 또는 맞춤형된 의미로 제한되는 것은 아니다. 이 용어는 구체적으로, 제한 없이, 상부 표면에 대해 수직으로 레이저 빔을 방출하도록 구성된 반도체 레이저 다이오드를 지칭할 수 있다. VCSEL에 대한 예는 예를 들어 [en.wikipedia.org/wiki/Vertical-cavity\\_surface-emitting\\_laser](http://en.wikipedia.org/wiki/Vertical-cavity_surface-emitting_laser)에서 찾을 수 있다. VCSEL은 일반적으로 예를 들어 WO 2017/222618 A로부터 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 알려져 있다. VCSEL 각각은 적어도 하나의 광 빔을 생성하도록 구성된다. VCSEL은 공통 기판 상에 또는 상이한 기판 상에 배열될 수 있다. 어레이는 최대 2500개의 VCSEL을 포함할 수 있다. 예를 들어, 어레이는 3.5W를 갖는 고 전력 어레이와 같은 38x25개 VCSEL을 포함할 수 있다. 예를 들어, 어레이는 2.5W를 갖는 10x27개 VCSEL을 포함할 수 있다. 예를 들어, 어레이는 0.9W를 갖는 96개 VCSEL을 포함할 수 있다. 어레이의 크기, 예를 들어 2500개 요소의 크기는 최대 2 mm x 2 mm 일 수 있다.

- [0262] 각각의 이미터에서 방출되는 광 빔은 300 내지 1100 nm, 바람직하게는 500 내지 1100 nm의 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 광 빔은 940 nm의 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 780 nm 내지 3.0  $\mu\text{m}$ 의 범위와 같은 적외선 스펙트럼 범위의 광이 사용될 수 있다. 구체적으로, 실리콘 포토다이오드가 적용될 수 있는 근적외선 영역 부분의 광이 구체적으로는 700 nm 내지 1100 nm의 범위에서 사용될 수 있다. 이미터는 적외선 영역, 특히 근적외선 영역에서 적어도 하나의 조명 패턴을 생성하도록 구성될 수 있다. 근적외선 영역의 광을 사용하는 것은 광이 인간의 눈에 의해 검출되지 않거나 약하게만 검출되지만 실리콘 센서, 특히 표준 실리콘 센서에 의해서 검출 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 이미터는 VCSEL 어레이일 수 있다. VCSEL은 800 내지 1000 nm 파장 범위의 광 빔을 방출하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, VCSEL은 808 nm, 850 nm, 940 nm, 또는 980 nm에서 광 빔을 방출하도록 구성될 수 있다. 바람직하게는, VCSEL은 940 nm에서 광을 방출하는데, 이는 예를 들어 CIE 085-1989 "태양 스펙트럼 조도(Solar spectral Irradiance)"에 기재된 바와 같이, 지상 태양 복사가 이 파장에서 국부적으로 최소 조도를 갖기 때문이다.
- [0263] 프로젝터(116)는 이송 디바이스에 충돌하는 광 빔으로부터 조명 특징(120)을 생성하도록 구성된, 도시되지 않은, 적어도 하나의 이송 디바이스를 포함할 수 있다. 이송 디바이스는 적어도 하나의 이미징 광학 디바이스를 포함할 수 있다. 이송 디바이스는 구체적으로: 적어도 하나의 렌즈, 예를 들어 적어도 하나의 초점-조정 가능한 렌즈, 적어도 하나의 비구면 렌즈, 적어도 하나의 구면 렌즈, 적어도 하나의 프레넬 렌즈로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 렌즈; 적어도 하나의 회절 광학 요소; 적어도 하나의 오목 거울; 적어도 하나의 빔 편향 요소, 바람직하게는 적어도 하나의 거울; 적어도 하나의 빔 분할 요소, 바람직하게는 빔 분할 큐브 또는 빔 분할 거울 중 적어도 하나; 적어도 하나의 다중 렌즈 시스템; 적어도 하나의 홀로그래픽 광학 요소; 적어도 하나의 메타 광학 요소 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 이송 디바이스는 적어도 하나의 굴절 광학 렌즈 스택을 포함한다. 따라서, 이송 디바이스는 굴절 속성을 갖는 다중 렌즈 시스템을 포함할 수 있다. 프로젝터(116)는 조명 패턴(118)을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 회절 광학 요소(DOE)를 포함할 수 있다. DOE는 단일 입사 광 빔으로부터 다수의 광 빔을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0264] 물체(112)는 조명 패턴(118)이 투영되는 적어도 하나의 표면을 포함할 수 있다. 표면은 조명 패턴(118)을 검출기를 향해 적어도 부분적으로 후방 반사하도록 적용될 수 있다. 예를 들어, 이 이론에 구속되지 않되지만, 인간 피부는 표면 반사라고 하는 표면의 후방 반사에 의해 생성된 부분, 및 후방 반사의 확산 부분이라고 하는 피부 침투 광으로부터의 확산 반사에 의해 생성된 부분을 포함하는 후방 산란 프로파일이라고도 하는 반사 프로파일을 가질 수 있다. 인간 피부의 반사 프로파일에 관해서는, "Lasertechnik in der Medizin: Grundlagen, Systeme, Anwendungen", "Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe", 1991, 171 내지 266페이지, Jürgen Eichler, Theo Seiler, Springer Verlag, ISBN 0939-0979가 참조된다. 피부의 표면 반사는 파장이 근적외선을 향해 증가함에 따라 증가할 수 있다. 또한, 침투 깊이는 가시광으로부터 근적외선으로 파장이 증가함에 따라 증가할 수 있다. 후방 반사의 확산 부분은 광의 침투 깊이에 따라 증가할 수 있다. 이러한 재료 속성은 구체적으로는 후방 산란 프로파일을 분석함으로써 피부를 다른 재료와 구별하기 위해 사용될 수 있다.
- [0265] 제1 카메라(122)는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함할 수 있다. 제2 카메라(124)는 적어도 하나의 CCD 센서 또는 적어도 하나의 CMOS 센서를 포함할 수 있다.
- [0266] 제1 및 제2 카메라(122, 124)는 동일하게 또는 상이하게 설계될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 카메라(122, 124)는 동일하거나 상이한 해상도를 가질 수 있다.
- [0267] 제1 카메라(122)는 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 이미징하도록 구성된다. 제2 카메라(124)는 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 이미징하도록 구성된다. 반사 이미지는 복수의 반사 특징을 포함하는 각각의 카메라에 의해 결정된 이미지일 수 있다. 반사 특징은 적어도 하나의 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 이미지 평면 내의 특징일 수 있다. 반사 이미지는 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 반사 패턴을 포함할 수 있다. "적어도 하나의 반사 이미지를 이미징"은 반사 이미지의 캡처, 기록 및 생성 중 하나 이상을 지칭할 수 있다.
- [0268] 제1 카메라(122)는 제1 반사 이미지가 물체(112)에 대한 제1 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열된다. 제2 카메라(124)는 제2 반사 이미지가 물체(112)에 대한 제2 시야 방향 하에서 이미징되도록 배열된다. 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이하다.
- [0269] 시야 방향이라고도 하는 물체에 대한 시야 방향은 공간에서 각각의 카메라(122, 124)의 3차원 위치 및/또는 방

향에 의해 정의될 수 있다. 시야 방향은  $x$ ,  $y$ , 및  $z$ 와 같은 카메라(122, 124)의 3차원 좌표에 의해 정의될 수 있다. 시야 방향은 카메라(122, 124)의 회전, 예를 들어  $x$ 축,  $y$ 축 및  $z$ 축 중 하나 이상을 중심으로 하는 회전에 의해 정의될 수 있다. 회전은 공간 각도에 의해 주어질 수 있다.

[0270] 제1 카메라(122)와 제2 카메라(124)는 서로 상이한 공간적 위치에 위치될 수 있다. 제1 카메라(122)와 제2 카메라(124) 사이의 상대적인 거리는 고정될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 카메라(122, 124)는 검출기의 하우징 내에 스테레오 카메라로서 배열될 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 검출기(110)의 설정은 제1 카메라(122)가 프로젝터(116)의 일측에 위치되고 제2 카메라(124)가 프로젝터(116)의 반대측에 위치될 수 있도록 하는 것일 수 있다. 예를 들어, 제1 카메라(122)와 프로젝터(116) 사이의 베이스라인은 제2 카메라(124)와 프로젝터(116) 사이의 베이스라인보다 짧을 수 있다. 제2 카메라(124)와 프로젝터(116) 사이의 베이스라인은 제1 카메라(122)와 프로젝터(116) 사이의 베이스라인보다 4배, 5배 또는 그 이상 클 수 있다. 예를 들어, 제1 카메라(122)와 프로젝터(116) 사이의 베이스라인은 4 cm 이하일 수 있다.

[0271] 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 카메라(122) 및 제2 카메라(124)는 물체(112)를 향해 상이한 방향을 가질 수 있다. 예를 들어, 제1 센서 요소는 검출기(110)의 광 축에 본질적으로 수직으로 배향될 수 있다. 제1 카메라(122)의 시야 방향은 본질적으로 검출기(110)의 광 축과 평행할 수 있다. 제2 센서 요소는 검출기(110)의 광 축에 본질적으로 수직인 배열로부터 벗어나는 방향으로 배향될 수 있다. 제2 카메라(124)의 시야 방향은 본질적으로 검출기(110)의 광 축과 평행하지 않고 광 축과 각도를 이룰 수 있다.

[0272] 평가 디바이스(126)는 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가하기 위한 구성이다.

[0273] 평가 디바이스(126)는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징 및 제2 반사 이미지 내의 제2 반사 특징을 식별 및/또는 선택하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 제1 반사 특징 및/또는 제2 반사 특징을 식별 및/또는 선택하기 위한 적어도 하나의 이미지 분석 및/또는 이미지 처리를 수행하도록 구성될 수 있다. 이미지 분석 및/또는 이미지 처리는 적어도 하나의 특징 검출 알고리즘을 사용할 수 있다. 이미지 분석 및/또는 이미지 처리는 다음과 같은 것: 필터링; 적어도 하나의 관심 영역의 선택; 센서 신호에 의해 생성된 이미지와 적어도 하나의 오프셋 사이의 차이 이미지의 형성; 센서 신호에 의해 생성된 이미지를 반전시킴에 의한 센서 신호의 반전; 상이한 시점에서 센서 신호에 의해 생성된 이미지 간의 차이 이미지의 형성; 배경 보정; 색상 채널로의 분해; 색조, 채도 및 밝기 채널로의 분해; 주파수 분해; 단일 값 분해; 블롭 검출기 적용; 코너 검출기 적용; 헤시안 필터의 행렬식 적용; 원리 곡률 기반 영역 검출기 적용; 최대 안정 극한 영역 검출기 적용; 일반화된 허프-변환 적용; 리지 검출기 적용; 아핀 불변 특징 검출기 적용; 아핀-적응 관심 포인트 연산자 적용; 해리스 아핀 영역 검출기 적용; 헤시안 아핀 영역 검출기 적용; 스케일-불변 특징 변환 적용; 스케일-공간 극한 검출기 적용; 로컬 특징 검출기 적용; 스피드 업 강력 특징 알고리즘 적용 그라디언트 위치 및 방향 히스토그램 알고리즘 적용; 배향된 그라디언트 디스크립터의 히스토그램 적용; 데리케 에지 검출기 적용; 차동 에지 검출기 적용; 시공간적 관심 포인트 검출기 적용; 모라벡 코너 검출기 적용; 캐니 에지 검출기 적용; 가우시안 필터의 라플라시안 적용; 가우시안 필터의 차이 적용; 소벨 연산자 적용; 라플라스 연산자 적용; 샤프 연산자 적용; 프레윗 연산자 적용; 로버츠 연산자 적용; 키르쉬 연산자 적용; 하이-패스 필터 적용; 로우-패스 필터 적용; 푸리에 변환 적용; 라돈 변환 적용; 허프 변환 적용; 웨이블릿 변환 적용; 임계화; 이진 이미지 생성 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 반사 이미지의 평가는 반사 이미지에서 관심 영역을 선택하는 것을 포함한다. 관심 영역은 사용자에 의해 수동으로 결정되거나 예를 들어 센서 요소에 의해 생성된 이미지 내의 물체를 인식함으로써 자동으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 스폿-유사 반사 특징의 경우, 관심 영역이 스폿 프로파일 주변 영역으로서 선택될 수 있다.

[0274] 평가 디바이스(126)는 적어도 하나의 이미지 보정을 수행하도록 구성될 수 있다. 이미지 보정은 적어도 하나의 배경 제거를 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는, 예를 들어, 추가 조명 없이 이미징에 의해 각각의 빔 프로파일로부터 배경 광으로부터의 영향을 제거하도록 적응될 수 있다.

[0275] 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징의 매칭을 포함한다. 매칭은 대응하는 제1 반사 특징 및 제2 반사 특징을 결정 및/또는 평가 및/또는 식별하는 것을 포함할 수 있다. 매칭은 소위 대응성 문제의 해결을 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 모호하지 않게 매칭하도록 구성될 수 있다.

[0276] 제1 및 제2 반사 특징 각각은 적어도 하나의 빔 프로파일을 포함한다. 빔 프로파일은 광 빔의 횡방향 세기 프로파일일 수 있다. 빔 프로파일은 광 빔의 단면일 수 있다. 빔 프로파일은 사다리꼴 빔 프로파일; 삼각형 빔 프로파일; 원추형 빔 프로파일 및 가우시안 빔 프로파일의 선형 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다. 그러나, 다른 실시예도 가능하다. 빔 프로파일은 반사 프로파일이라고도 할 수 있다.

- [0277] 평가 디바이스(126)는 제1 반사 특징의 각각에 대한 종방향 좌표를 그들의 각각의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성될 수 있다. 빔 프로파일의 분석은 빔 프로파일의 적어도 하나의 제1 영역 및 적어도 하나의 제2 영역을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 제1 영역 및 제2 영역을 분할하는 것, 제1 영역 및 제2 영역의 배수를 분할하는 것, 제1 영역 및 제2 영역의 선형 조합을 분할하는 것 중 하나 이상에 의해 조합된 신호(Q)를 도출하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스는 조합된 신호(Q)와 종방향 좌표 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 종방향 좌표를 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0278] 평가 디바이스(126)는 제1 반사 특징의 각각에 대한  $Z_{DPR}$ 이라고도 하는 적어도 하나의 종방향 좌표를 이들 특징의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성된다. 빔 프로파일의 분석은 적어도 하나의 수학적 연산 및/또는 적어도 하나의 비교 및/또는 적어도 대칭화 및/또는 적어도 하나의 필터링 및/또는 적어도 하나의 정규화를 포함할 수 있다. 예를 들어, 빔 프로파일의 분석은 히스토그램 분석 단계, 차이 측정의 계산, 뉴럴 네트워크의 적용, 머신 러닝 알고리즘의 적용 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 빔 프로파일을 대칭화 및/또는 정규화 및/또는 필터링하여, 특히 더 큰 각도, 기록 예지 또는 등등 하에서의 기록으로부터 노이즈 또는 비대칭을 제거하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 예를 들어 공간 주파수 분석 및/또는 메디안 필터링 또는 등등에 의해 높은 공간 주파수를 제거함으로써 빔 프로파일을 필터링할 수 있다. 요약화는 광 스폿의 세기를 중심으로 하여 중심까지의 동일한 거리에 있는 모든 세기를 평균화함으로써 수행될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 빔 프로파일을 최대 세기로 정규화하여, 특히 기록된 거리로 인한 세기 차이를 고려하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스(126)는, 예를 들어, 조명 없이 이미징에 의해 빔 프로파일로부터 배경 광으로부터의 영향을 제거하도록 구성될 수 있다.
- [0279] 평가 디바이스(126)는 각각의 제1 반사 특징에 대한 종방향 좌표를 빔 프로파일 분석이라고도 하는, 광자 비율 기반 깊이 기법을 사용함으로써 결정하도록 구성될 수 있다. 광자 비율 기반 깊이(DPR) 기법에 관해서는, WO 2018/091649 A1, WO 2018/091638 A1, WO 2018/091640 A1 및 C. Lennartz, F. Schick, S. Metz, "Whitepaper - Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection" 2021년 4월 28일, 독일 루드비히스하펜(Ludwigshafen)가 참조되는데, 그 전체 내용은 참조로 포함된다.
- [0280] 제1 반사 특징에 대한 종방향 좌표는 제1 카메라(122)와 물체(112) 사이의 거리일 수 있다. 평가 디바이스(126)는 조합된 신호와 종방향 좌표 사이의 적어도 하나의 미리 결정된 관계를 사용하여 종방향 좌표를 결정하도록 구성될 수 있다. 미리 결정된 관계는 경험적 관계, 반-경험적 관계 및 분석적으로 도출된 관계 중 하나 이상일 수 있다. 평가 디바이스(126)는 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 미리 결정된 관계를 저장하기 위한 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스를 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 0차 이상의 모든 제1 반사 특징에 대한 거리를 계산하는 적어도 하나의 광자 비율 기반 깊이 알고리즘을 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0281] 평가 디바이스(126)는 결정된 종방향 좌표를 사용하여 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하도록 구성될 수 있다.
- [0282] 평가 디바이스(126)는 제1 반사 특징의 각각에 대한 종방향 영역을 결정하도록 구성될 수 있고, 여기서 종방향 영역은 반사 특징의 종방향 좌표 및 에리 구간( $\pm \epsilon$ )에 의해 주어진다.
- [0283] 평가 디바이스(126)는 선택된 제1 반사 특징과 본질적으로 동일한 종방향 좌표를 갖는 제2 반사 이미지에서 적어도 하나의 제2 반사 특징을 식별하도록 적응될 수 있다. 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징은 에피폴라 기하학을 사용하여 결정될 수 있다. 에피폴라 기하학의 설명에 대해서는, 예를 들어 X. Jiang, H. Bunke의 2장: "Dreidimensionales Computersehen" Springer, Berlin Heidelberg, 1997이 참조된다. 에피폴라 기하학은 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지가 고정된 거리를 갖는 상이한 공간 위치 및/또는 공간 방향에서 결정된 물체의 이미지라고 가정할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 제2 반사 이미지에서 에피폴라 라인을 결정하도록 적응될 수 있다. (제1 카메라의) 제1 반사 이미지 및 (제2 카메라의) 제2 반사 이미지의 베이스라인은 알려져 있을 수 있다. 예를 들어, 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지의 상대적 위치는 평가 디바이스(126)의 적어도 하나의 저장 유닛 내에 저장될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 선택된 제1 반사 특징으로부터 연장되는 직선을 결정하도록 적응될 수 있다. 직선은 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 가능한 물체 특징을 포함할 수 있다. 직선과 베이스라인은 에피폴라 평면에 걸쳐 있다. 제2 반사 이미지가 제1 반사 이미지와는 상이한 상대 위치에서 결정됨에 따라, 대응하는 가능한 물체 특징은 제2 반사 이미지에서 에피폴라 라인이라고 불리는 직선 상에서 이미징될 수 있다. 따라서, 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 이미지의 특징은 에피폴라 라인 상에 놓인다.

- [0284] 평가 디바이스(126)는 종방향 영역에 대응하는 제2 반사 이미지에서 적어도 하나의 변위 영역을 결정하도록 구성될 수 있다. 구체적으로, 변위 영역은 선택된 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징이 제2 반사 이미지 내에 위치될 것으로 예상되는 제2 반사 영역 내의 영역일 수 있다. 물체(112)와의 거리에 따라, 제1 반사 특징에 대응하는 제2 반사 특징의 이미지 위치는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징의 이미지 위치에 비해 제2 반사 이미지 내에서 변위될 수 있다. 변위 영역은 하나의 제2 반사 특징만을 포함할 수 있다. 변위 영역은 또한 하나 초과인 제2 반사 특징을 포함할 수 있다. 변위 영역은 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인의 섹션을 포함할 수 있다. 변위 영역은 하나 초과인 에피폴라 라인 또는 하나 초과인 에피폴라 라인의 하나 초과인 섹션을 포함할 수 있다. 변위 영역은 에피폴라 라인을 따라, 에피폴라 라인과 직교하거나, 둘 모두를 따라 연장될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 거리 특징에 대응하는 에피폴라 라인을 따르는 제2 반사 특징을 결정하고, 에리 구간( $\pm \varepsilon$ )에 대응하거나 에피폴라 라인에 직교하는 에피폴라 라인을 따르는 변위 영역의 범위를 결정하도록 적용될 수 있다. 거리 추정치의 측정 불확실성은 측정 불확실성이 방향에 따라 다를 수 있으므로 비원형인 변위 영역이 발생할 수 있다. 구체적으로, 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인들을 따른 측정 불확실성은 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인들에 대한 직교 방향의 측정 불확실성보다 클 수 있다. 변위 영역은 에피폴라 라인 또는 에피폴라 라인들에 대해 직교 방향으로의 연장을 포함할 수 있다.
- [0285] 평가 디바이스(126)는 변위 영역 내에서 제1 반사 특징 중 하나와 제2 반사 특징 중 하나를 각각 매칭하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 결정된 종방향 좌표를 고려한 적어도 하나의 평가 알고리즘을 사용함으로써 각각의 변위 영역 내에서 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하도록 구성될 수 있다. 평가 알고리즘은 선형 스케일링 알고리즘일 수 있다.
- [0286] 평가 디바이스(126)는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 변위를 결정하도록 구성될 수 있다. 변위는 제1 반사 이미지 내의 제1 반사 특징의 이미지 위치와 제2 반사 이미지 내의 제2 반사 특징의 이미지 위치 간의 차이일 수 있다. 이미지 위치는 각각의 반사 이미지 내의 픽셀 좌표일 수 있다. 평가 디바이스(126)는 종방향 좌표와 변위 간의 미리 결정된 관계를 사용하는 삼각측량에 의해 정제된 종방향 좌표를 결정하도록 구성될 수 있다. 베이스라인이 더 높은 제2 카메라에 의한 삼각 측량을 사용하는 것은 정확도가 향상될 수 있게 한다. 미리 결정된 관계는 경험적 관계, 반-경험적 관계 및 분석적으로 도출된 관계 중 하나 이상일 수 있다. 평가 디바이스(126)는 룩업 리스트 또는 룩업 테이블과 같은 미리 결정된 관계를 저장하기 위한 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스를 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 삼각측량 방법을 사용함으로써 미리 결정된 관계를 결정하도록 적용될 수 있다. 제1 반사 이미지 내의 선택된 제1 반사 특징의 위치 및 매칭된 제2 반사 특징의 위치 및/또는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 상대적 변위가 알려진 경우, 정제된 종방향 좌표는 삼각측량에 의해 결정될 수 있다. 따라서, 평가 디바이스(126)는, 예를 들어 후속 및/또는 열 별로 제1 반사 특징을 선택하고 제2 반사 특징의 각각의 잠재적 위치에 대해 대응하는 거리 값을 삼각측량을 사용하여 결정하도록 적용될 수 있다. 변위 및 대응하는 거리 값은 평가 디바이스(126)의 적어도 하나의 저장 디바이스에 저장될 수 있다.
- [0287] 평가 디바이스(126)는 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 그들의 빔 프로파일의 분석에 의해 결정하도록 구성된다. 조합된 재료 속성은 제1 및 제2 반사 특징으로부터의 정보를 사용 및/또는 고려함으로써 결정된 재료 속성을 지칭할 수 있다. 조합된 재료 속성을 결정하는 것은 각각의 제1 반사 특징 및 제2 반사 특징에 대한 재료 속성을 결정하고 결정된 재료 속성을 조합된 재료 속성에 조합하는 것을 포함할 수 있다. 이것은 측정 불확실성을 줄일 수 있다. 프로젝터(116)는 조명 특징(120)을 물체(112)에 투영할 수 있다. 두 카메라(122, 124)는 모두 투영된 조명 특징(120)에 의해 물체(112)를 이미징할 수 있다. 제1 및 제2 반사 특징의 빔 프로파일은 재료 속성의 결정 품질이 높아질 수 있게 평가될 수 있다. 빔 프로파일 분석은 물체(112)의 추가적인 재료 정보를 추출할 수 있게 한다. 2대의 카메라(122, 124)를 사용한 이러한 설정은 재료 검출을, 특히 확고성의 측면에서 향상시킬 수 있다. 물체(112)의 조명 특징에 대한 2개의 상이한 시야는 재료 산란 속성의 정보를 더 많이 제공할 수 있다. 2개의 상이한 시야를 사용함으로써, 샘플 크기가 2배씩 증가하여 특징 기반 재료 감지가 강화될 수 있다. 보다 확고한 재료 결정은 스펙클 노이즈에 의한 재료 거칠기, 후방 산란 광 세기, 재료의 서브산란 속성, 샘플 크기 증가에 의한 노이즈 감소 덕분에 가능할 수 있다. 2개 시야의 사용은 플라스틱 호일과 같은 고반사 재료에 특히 유리할 수 있다.
- [0288] 각각의 반사 특징의 재료 속성을 결정하는 것은 빔 프로파일 분석을 사용하여 수행될 수 있다. 구체적으로 빔 프로파일 분석은 물체 표면에 투사된 코히어런트 광의 반사 속성을 사용하여 재료를 분류한다. 재료의 분류는 WO 2020/187719, WO 2021/170791 A1 및/또는 WO 2021/152070 중 하나에 기재된 바와 같이 수행될 수 있으며, 그의 전체 내용은 참조로 포함된다. 구체적으로, 카메라에 의해 기록된 각각의 반사 특징의 빔 프로파일의 분석은 특징-기반 방법에 의해 수행될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 머신 러닝 방법이 사용될 수 있다.

특징-기반 방법은 피부 분류 모델의 파라미터화를 허용할 수 있는 머신 러닝 방법과 조합하여 사용될 수 있다. 대안적으로 또는 조합하여, 컨볼루션 뉴런 네트워크는 반사 이미지를 입력으로서 사용함으로써 피부를 분류하는데 사용될 수 있다.

[0289] 추가적으로 또는 대안적으로, 재료 속성은 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 양방향 반사 분포 함수(128)를 사용하여 결정될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 매칭된 제1 및 제2 반사 특징의 양방향 반사 분포 함수(128)를 결정하도록 구성될 수 있다. 평가 디바이스(126)는 양방향 반사 분포 함수(128)를 평가하여 재료 속성을 결정하도록 구성될 수 있다. 양방향 반사 분포 함수(bidirectional reflection distribution function, BRDF)(128)는 시야 각도에 따른 밝기 분포일 수 있다. BRDF(128)는 각각의 조명 특징에 대한 2개의 상이한 시야를 사용함으로써 결정된 조합된 빔 프로파일일 수 있다. 재료 속성은 양방향 반사 분포 함수(128)에 의해 모델링될 수 있다. 예를 들어, 2017년 4월에 SCCG 2017에 제출된 사전 인쇄물인 J. Philip 등의 "BRDF Measurement of Highly-Specular Materials using a Goniometer"에서 설명된 바와 같이, 공간적으로 동질성 재료의 실제 모습은 BRDF(128)를 통해 표현될 수 있다. BRDF(128)는 광이 재료 표면에서 반사되는 방식을 정의하는 조명 방향  $\omega_i = \{\theta, \phi\}$  및 시야 방향  $\omega_v = \{\theta_v, \phi_v\}$ 의 4차원 벡터 값 함수  $f_r(\theta_i, \theta_v, \phi_i, \phi_v)$ 로서 설명될 수 있으며, 여기서  $\theta \in [0, \pi/2]$ 는 고도 각도이고,  $\phi \in [0, 2\pi]$ 는 구면 좌표계의 방위 각도이다. 물체에 대한 조명 특징의 2개의 시야는 BRDF(128)를 샘플링할 수 있게 한다.

[0290] 양방향 반사 분포 함수(128)를 평가하는 것은 양방향 반사 분포 함수(128)를 적어도 하나의 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수와 비교하는 것을 포함할 수 있다. 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수는 테이블 또는 록업 테이블에 저장될 수 있고, 예를 들어, 경험적으로 결정될 수 있으며, 예를 들어, 평가 디바이스(126)의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에 소프트웨어에 의해, 구체적으로는 앱 스토어 또는 등등으로부터 다운로드된 앱에 의해 저장될 수 있다.

[0291] 반사 특징은, 양방향 반사 분포 함수(128) 및 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수가 적어도 공차 내에서 동일한 경우, 재료, 예를 들어, 생체 조직에 의해 생성되는 것으로서 식별될 수 있다. 양방향 반사 분포 함수(128)를 평가하는 것은 양방향 반사 분포 함수(128)를 적어도 하나의 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수와 비교하는 것을 포함할 수 있다. 비교는 양방향 반사 분포 함수(128) 및 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수를 중첩시키는 것을 포함할 수 있다. 비교는 양방향 반사 분포 함수(128)와 미리 정의된 양방향 반사 분포 함수 사이의 편차, 예를 들어, 포인트 대 포인트 거리의 제곱의 합을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 평가 디바이스(126)는 결정된 편차를 적어도 하나의 임계치와 비교하도록 적응될 수 있으며, 여기서 결정된 편차가 임계치 보다 작고/작거나 동일한 경우 표면은 특정 재료, 예를 들어 생물학적 조직으로서 표시된다. 임계치는 테이블 또는 록업 테이블에 저장될 수 있으며, 예를 들어 경험적으로 결정될 수 있고, 예를 들어 평가 디바이스(126)의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스에 저장될 수 있다.

[0292] 도 2는 본 발명에 따라 적어도 하나의 검출기(110)를 사용하여 적어도 하나의 물체(112)의 재료 속성을 결정하여 적어도 하나의 물질 속성을 식별하기 위한 방법의 일 실시예의 흐름도를 도시한다. 검출기(110)와 관련하여도 1이 참조된다.

[0293] 방법 단계는 주어진 순서로 수행될 수 있거나 상이한 순서로 수행될 수 있다. 또한, 리스트에 없는 하나 이상의 추가 방법 단계가 존재할 수 있다. 또한, 방법 단계 중 하나, 둘 이상 또는 심지어 모두 반복적으로 수행될 수 있다.

[0294] 방법은 다음의 단계:

[0295] a) 프로젝터(116)를 사용하여 조명 특징(120)을 포함하는 적어도 하나의 조명 패턴(118)으로 물체(112)를 조명하는 단계(130)와;

[0296] b) 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제1 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 제1 카메라(122)를 사용하여 이미징하는 단계(132) - 제1 카메라(122)는 물체(112)에 대한 제1 시야 방향 하에서 제1 반사 이미지가 이미징되도록 배열됨 - 와;

[0297] c) 조명 특징(120)에 의한 조명에 응답하여 물체(112)에 의해 생성된 복수의 제2 반사 특징을 포함하는 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 제2 카메라(124)를 사용하여 이미징하는 단계(134) - 제2 카메라(124)는 물체(112)에 대한 제2 시야 방향 하에서 제2 반사 이미지가 이미징되도록 배열되고, 제1 시야 방향과 제2 시야 방향은 상이

함 - 와;

[0298] d) 제1 반사 이미지 및 제2 반사 이미지를 평가 디바이스(126)를 사용하여 평가하는 단계(136) - 평가는 제1 반사 특징과 제2 반사 특징을 매칭하고 제1 및 제2 반사 특징의 매칭된 쌍의 조합된 재료 속성을 빔 프로파일의 분석에 의해 결정함 - 를 포함한다.

### 부호의 설명

[0299]

110: 검출기

112: 물체

114: 모바일 디바이스

116: 프로젝트

118: 조명 패턴

120: 조명 특징

122: 제1 카메라

124: 제2 카메라

126: 평가 디바이스

128: 양방향 반사 분포 함수

130: 조명

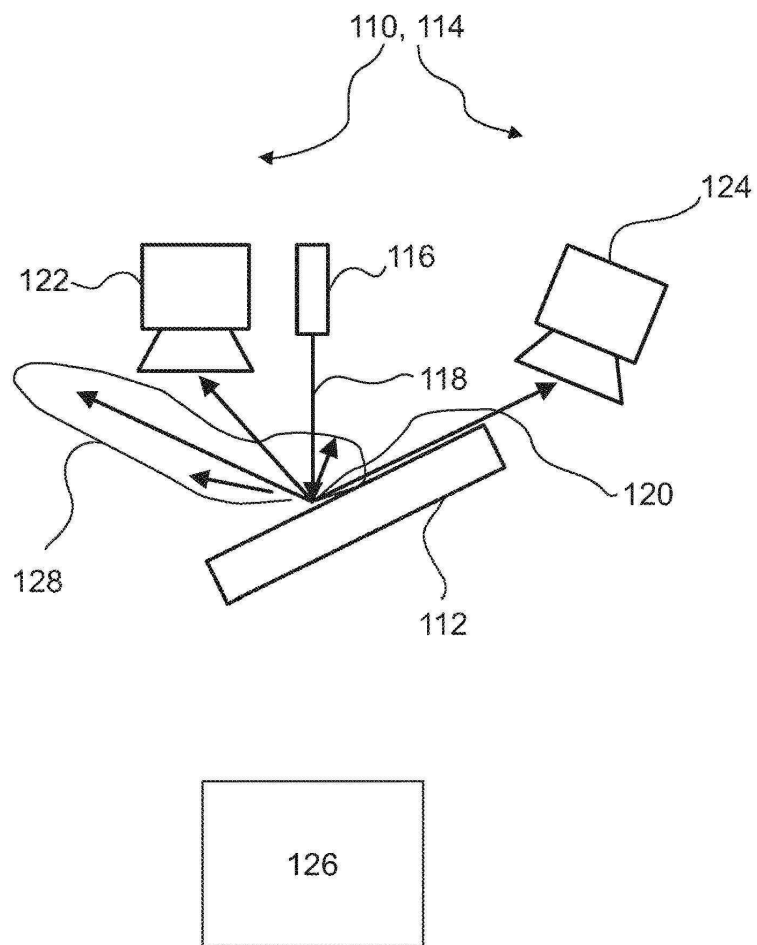
132: 적어도 하나의 제1 반사 이미지를 이미징

134: 적어도 하나의 제2 반사 이미지를 이미징

136: 제1 반사 이미지와 제2 반사 이미지를 평가

도면

도면1



도면2

