(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0118827
(43) 공개일자 2024년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61C 19/04 (2024.01) *A61B 1/00* (2017.01)
A61B 1/06 (2006.01) *A61B 1/24* (2006.01)
A61B 5/00 (2021.01) *A61C 9/00* (2006.01)
G06F 17/00 (2019.01) *G06T 17/00* (2006.01)
G06T 19/20 (2011.01) *G06T 3/40* (2024.01)
G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
A61C 19/04 (2024.01)
A61B 1/00096 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7022272
(22) 출원일자(국제) 2022년12월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년07월03일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/084873
(87) 국제공개번호 WO 2023/104929
국제공개일자 2023년06월15일
(30) 우선권주장
21212940.7 2021년12월07일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
소프로 (에스아)
프랑스, 13600 라 씨오따, 아브뉘 데 제네브리에르
(72) 발명자
지아니 클라우디오
이탈리아 21052 부스토아르시치오 (바레세) 비아 마시모 다제글리오 10/3
피나렐로 지오다노
이탈리아 10122 토리노 (티오) 비아 가리발디 5
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **구강 내 스캐너, 구강 내 스캐닝 시스템, 구강 내 스캔을 수행하는 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품**

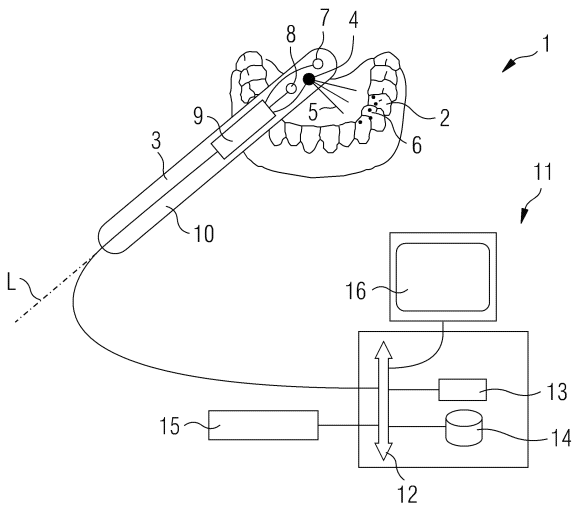
(57) 요 약

구강 내 스캐너, 구강 내 스캐닝 시스템, 구강 내 스캔을 수행하는 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품.

구강 내 스테레오 비전을 위한 구강 내 스캐너(3)가 제안된다. 구강 내 스캐너(3)는 도트 패턴(6)을 이미지화 될 물체에 투사하기 위한 프로젝터(4) - 프로젝터(4)는 방사선 소스 및 방사선 소스로부터 방출된 방사선으로부터

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



도트 패턴(6)을 생성하기 위한 광학 장치를 가짐 -, 및 물체(2)에 투사된 패턴(6)을 이미징하기 위한 적어도 2개의 카메라(7, 8) - 카메라(7, 8)는 물체에 대해 중첩되는 시야를 갖도록 배열됨 - 를 포함한다. 도트 패턴(6)은 비-주기적인 방식으로 기판 위에 배열된 마이크로 렌즈의 2차원 어레이에 의해 생성된 비-주기적인 도트 패턴이며, 마이크로 렌즈의 어레이는 방사선의 방향에서 물체 앞의 마지막 빔 성형 광학 요소이다. 구강 내 스캐너(3)는 구강 내 스캐닝 시스템 및 구강 내 스캔을 기초로 치열(2)의 3차원 모델을 생성하기 위한 방법에 사용될 수 있다.

(52) CPC특허분류
A61B 1/0605 (2023.05)
A61B 1/24 (2013.01)
A61B 5/0088 (2013.01)
A61C 9/0053 (2013.01)
A61C 9/006 (2013.01)
G06T 17/00 (2013.01)
G06T 19/20 (2013.01)
G06T 3/40 (2024.01)
G06T 7/00 (2013.01)

(72) 발명자
발리니 알렉산드로
이탈리아 20099 세스토산조반니 (엠아이) 비아 주세페 베르디 1
나손 프란체스카
이탈리아 20152 밀라노 비아 루이지 멘고니 11

세사라토 안나
이탈리아 20124 밀라노 비아 아바데세 40

명 세 서

청구범위

청구항 1

구강 내 스캐너에 있어서, 상기 구강 내 스캐너는:

구조화된 패턴을 이미지화 될 물체(24)에 투사하기 위한 프로젝터(4) - 상기 프로젝터(4)는 빔(25)을 방출하는 방사선 소스(17) 및 상기 방사선 소스(17)로부터 방출된 상기 방사선으로부터 구조화된 패턴을 생성하기 위한 광학 장치를 가짐 -; 및

상기 물체(24)에 투사된 상기 패턴을 이미징하기 위한 적어도 2개의 카메라(7, 8, 207, 208, 209) - 상기 카메라(7, 8, 207, 208, 209)는 상기 물체(24)에 대해 중첩되는 시야(26)를 갖도록 배열됨 - ;를 포함하고,

상기 패턴은 비-주기적인 방식으로 기판(33) 위에 배열된 마이크로 렌즈(32)의 2차원 어레이(19)에 의해 생성된 비-주기적인 도트 패턴(6)이며,

상기 마이크로 렌즈의 어레이(32)는 상기 방사선(5)의 방향에서 상기 물체(24) 앞의 마지막 빔 성형 광학 요소인 것을 특징으로 하는, 구강 내 스캐너.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 마이크로 렌즈(32)에 도달하는 빔(25)의 광선은 시준(collimate)되지 않는, 구강 내 스캐너.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 빔(35)은 상기 마이크로 렌즈(32)에 의해 형성된 서브 빔(31)을 포함하고, 상기 서브 빔(31)은 상기 마이크로 렌즈(32)의 어레이(19)의 상기 물체측에 수렴하는, 구강 내 스캐너.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 도트(36)의 크기가 최소가 되는 작동 거리(WD)는 상기 마이크로 렌즈(32)의 초점 거리보다 크고, 상기 작동 거리(WD)와 상기 초점 거리는 각각 상기 기판(33)의 표면의 상기 마이크로 렌즈(32)의 베이스로부터 방사 방향으로 측정되는, 구강 내 스캐너.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 서브 빔(32)은 상기 방사선(5)의 방향으로 상기 마이크로 렌즈의 어레이(19)의 앞 및/또는 뒤에 위치되는 적어도 하나의 거울(18, 218)에 의해 측면 방향으로 편향되는, 구강 내 스캐너.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 거울(218)은 상기 카메라를 향해 들어오는 빛을 편향시키는, 구강 내 스캐너.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마이크로 렌즈(32)는 벌집 구조(39)로 배열되고, 각각의 마이크로 렌즈(32)의 중심은 대응하는 벌집 셀(41)의 중심으로부터 무작위로 선택된 거리 및 방향만큼 중심에서 벗어나 이동되는, 구강 내 스캐너.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방사선 소스는 레이저 다이오드(17)이고, 상기 레이저 다이오드(17)로부터 나오는 상기 빔의 발산은 상기 레이저 다이오드(17)와 상기 마이크로 렌즈(32)의 어레이(18) 사이에 위치된 광학 요소(22)에 의해 균질화되는, 구강 내 스캐너.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 있어서,

상기 카메라(7, 8)는 동일한 방향으로 지향되는, 구강 내 스캐너.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마이크로 렌즈(32)의 어레이(19)의 중심은 상기 카메라(7, 8) 사이의 기준선(48)으로부터 일정 거리에 위치되는, 구강 내 스캐너.

청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마이크로 렌즈(32)의 어레이(19)는 상기 빔(25)의 빔 축(29)에 직각인 축을 향해 각도 α만큼 기울어져 있는, 구강 내 스캐너.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 기판(33)의 전면(34)을 따라 보았을 때, 상기 각도 α는 일반적으로 상기 빔 축(29)과 상기 카메라(7, 8)의 시야 축(44, 45) 사이의 각도 β의 절반보다 큰, 구강 내 스캐너.

청구항 13

능동 스테레오 비전을 기초로 치열의 3차원 모델을 생성하기 위한 구강 내 스캐닝 시스템에 있어서, 상기 구강 내 스캐닝 시스템은:

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 따른 구강 내 스캐너(3) - 상기 각각의 카메라(7, 8)는 치열(2)에 투사된 상기 패턴의 일련의 이미지를 생성함 - ; 및

상기 각각의 카메라(7, 8, 207, 208, 209)에 의해 생성된 동기화된 일련의 이미지를 사용해서 형성된 시차 맵을 기초로 상기 치열(2)의 상기 3차원 모델을 생성하기 위해 상기 구강 내 스캐너(3)에 연결된 데이터 처리부(11)를 포함하는, 구강 내 스캐닝 시스템.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 데이터 처리부(11)가:

상기 적어도 2개의 카메라(7, 8, 207, 208, 209)를 사용해서 일련의 동기화된 이미지를 캡처(50)하는 것;

각각의 이미지가 서로 다른 카메라(7, 8, 207, 208, 209)에서 촬영된 동기화된 이미지의 쌍을 기초로 상기 시차 맵을 생성하는 것;

상기 시차 맵에 기초하여 깊이 맵을 생성(72)하는 것;

상기 깊이 맵을 등록(73)하는 것;

상기 이미지화된 치열(2)의 상기 표면을 정의하는 점의 메시를 형성(74)하는 것을 수행하도록 배열되는, 구강

내 스캐닝 시스템.

청구항 15

능동 스테레오 비전을 기초로 치열(2)의 3차원 모델을 생성하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은:

상기 치열(2)의 일련의 이미지를 청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 따른 구강 내 스캐너(3)로부터 검색하는 것,

각각의 카메라(7, 8, 207, 208, 209)에서 생성된 상기 일련의 이미지를 사용해서 형성된 시차 맵을 기초로 상기 치열(2)의 상기 3차원 모델을 생성하기 위해 상기 구강 내 스캐너(3)에 연결된 데이터 처리부(11)를 사용하는 것을 포함하는, 구강 내 스캐닝 시스템.

청구항 16

컴퓨터 프로그램 제품에 있어서,

상기 컴퓨터 프로그램 제품은 청구항 15에 따른 상기 방법을 구현하기 위한 프로그램 코드를 포함하는, 컴퓨터 프로그램 제품.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은: 이미지화 될 물체에 구조화된 패턴을 투사하기 위한 프로젝터, - 프로젝터는 방사선 소스 및 방사선 소스로부터 방출된 방사선으로부터 구조화된 패턴을 생성하기 위한 광학 장치를 가짐 -, 및

[0002] 물체에 투사된 패턴을 이미징하기 위한 적어도 2개의 카메라 - 카메라는 물체에 대해 중첩되는 시야를 갖도록 배열됨 - 를 포함하는 구강 내 스캐너에 관한 것이다.

[0003] 본 발명은 또한 구강 내 스캐닝 시스템, 구강 내 스캔을 수행하는 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] WO 2019/236934 A1은 일부 추가 광학 장치에 의해 치열에 이미지화 된 패턴을 생성하기 위해, 마이크로 렌즈의 어레이를 사용하는 구강 내 스캐너를 개시한다. 그 구강 내 스캐닝 시스템은 삼각 측량에 의해 치열의 3차원 모델을 생성하도록 배열된다.

[0005] 알려진 구강 내 스캐너의 단점은 구강 내 스캐너를 제조하기 위해 수많은 구성요소를 조립해야 한다는 복잡성이다.

발명의 내용

[0006] 이러한 관련 기술에 기초하여, 본 발명은 최소한 종래의 구강 내 스캐너만큼 정확하게 치열의 3차원 모델을 생성할 수 있는, 복잡성이 감소된 구강 내 스캐너 및 연관된 구강 내 스캐닝 시스템을 제공하고자 한다. 본 발명은 또한 상응하는 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하고자 한다.

[0007] 이 목적은 독립항의 특징을 갖는 구강 내 스캐너, 구강 내 스캐닝 시스템, 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품에 의해 달성된다. 유리한 실시예 및 개선 사항은 이에 종속된 청구항에 명시되어 있다.

[0008] 구강 내 스캐너에서, 패턴은 기판 위에 비-주기적인 방식으로 배열된 마이크로 렌즈의 2차원 어레이에 의해 생성된 비-주기적인 도트 패턴이며, 이 마이크로 렌즈의 어레이는 방사선의 방향에서 물체 앞에 있는 마지막 빔 성형 광학 요소이다. 이러한 불규칙한 마이크로 렌즈의 어레이는 방사선 소스에 의해 방출된 방사선이 도트 패턴 생성에 완전히 사용되기 때문에, 구강 내 조직의 표면을 결정하는 데 특히 유용하다. 결과적으로 패턴의 도트는 카메라에 의해 촬영된 이미지에서 눈에 띄게 나타난다. 마이크로 렌즈의 밀도가 높기 때문에, 도트 패턴도 매우 조밀하여 치열의 구조를 높은 정확도로 해결할 수 있다. 마이크로 렌즈의 어레이는 또한 마이크로 렌즈의 작은 측면 확장으로 인해 높은 심도 선명도(high depth sharpness)를 제공한다. 따라서, 마이크로 렌즈 어레이와 물체 사이에 더 이상 빔 성형 광학 장치가 필요하지 않으므로, 구강 내 스캐너의 복잡성이 종래의 구강 스캐

너에 비해 상당히 줄어든다.

[0009] 본 출원의 맥락에서, 거울 또는 평면 창(planar windows)은 빔 성형 광학 요소로 간주되어서는 안된다는 점에 유의해야 한다.

[0010] 마이크로 렌즈에 도달하는 빔의 광선은 일반적으로 시준되지 않으므로 시준 광학 장치는 필요하지 않다.

[0011] 마이크로 렌즈는 빔 내의 서브 빔과 연관되어 있으며 서브 빔은 마이크로 렌즈의 어레이의 물체 측에 수렴한다.

[0012] 마이크로 렌즈에 도달하는 빔의 광선은 일반적으로 시준되지 않으므로, 도트의 크기가 최소가 되는 작동 거리는 결과적으로 마이크로 렌즈의 초점 거리보다 크고, 작동 거리와 초점 거리는 각각 기판 표면의 마이크로 렌즈의 베이스로부터 방사 방향으로 측정된다.

[0013] 서브 빔은 물체 상에 도트 패턴의 크기에 대한 요구 사항에 따라 방사선 방향으로 마이크로 렌즈의 어레이의 앞 및/또는 뒤에 위치한 적어도 하나의 거울에 의해 측면 방향으로 편향될 수 있다. 거울이 마이크로 렌즈의 어레이의 뒤에 위치하는 경우, 도트 패턴은 거울이 마이크로 렌즈의 어레이의 앞에 위치할 때 얻어지는 도트 패턴보다 더 클 수 있지만, 후자의 경우 구강 내 스캐너는 더 컴팩트하다.

[0014] 또한 거울은 들어오는 빛을 카메라 쪽으로 편향시켜, 도트 패턴의 확장된 크기에 맞춰 시야가 확장되도록 할 수도 있다.

[0015] 일 실시예에서, 마이크로 렌즈는 벌집 구조로 배열되고, 각각의 마이크로 렌즈의 중심은 대응하는 벌집 셀의 중심으로부터 무작위로 선택된 거리 및 방향만큼 중심에서 벗어나 이동된다. 이를 통해 경계가 거의 원형에 가까운 마이크로 렌즈의 밀도를 최대화할 수 있다.

[0016] 방사선 소스는 일반적으로 레이저 다이오드이며, 레이저 다이오드로부터 나오는 빔의 발산은 레이저 다이오드와 마이크로 렌즈의 어레이 사이에 위치된 광학 요소에 의해 균질화된다.

[0017] 카메라는 동일한 회로 기판에 나란히 쉽게 장착될 수 있으므로 일반적으로 동일한 방향으로 지향된다. 카메라가 같은 방향으로 지향되면 깊이 해상도도 최대화된다.

[0018] 카메라의 시야가 충분히 중첩되도록 하기 위해, 카메라는 서로 옆에 배치되고 마이크로 렌즈의 어레이의 중심은 일반적으로 카메라 아래에 있는 카메라 사이의 기준선으로부터 일정 거리에 위치된다.

[0019] 마이크로 렌즈의 어레이는 마이크로 렌즈와 물체의 표면 사이의 거리를 동일하게 하기 위해 빔의 빔 축에 직각인 축을 향해 각도 α만큼 기울어져 있을 수 있다.

[0020] 마이크로 렌즈를 위해 베이스를 형성하는 기판의 전면을 따라 보았을 때, 각도 α는 일반적으로 카메라의 시야의 축과 빔 축 사이의 각도 β의 절반보다 크다.

[0021] 능동 스테레오 비전을 사용하여 치열의 3차원 모델을 생성하기 위한 구강 내 스캐닝 시스템은 전술한 바와 같은 구강 내 스캐너를 포함하며, 각각의 카메라는 치열에 투사된 일련의 이미지 패턴을 생성한다. 구강 내 스캐닝 시스템은 각각의 카메라에 의해 생성된 동기화된 일련의 이미지를 사용해서 형성된 시차 맵을 기초로 치열의 3차원 모델을 생성하기 위해 구강 내 스캐너에 연결된 데이터 처리부를 더 포함한다.

[0022] 구강 내 스캐닝 시스템의 데이터 처리부는 특히:

[0023] 적어도 2개의 카메라를 사용해서 일련의 동기화된 이미지를 캡처하는 것;

[0024] 동기화된 이미지의 쌍을 기초로 시차 맵을 생성하며, 각각의 이미지는 서로 다른 카메라에서 촬영됨;

[0025] 시차 맵을 기초로 깊이 맵을 생성하는 것;

[0026] 깊이 맵을 등록하는 것;

[0027] 이미지화된 치열의 표면을 정의하는 점의 메시를 형성하는 것을 수행하도록 배열된다.

[0028] 능동 스테레오 비전을 기초로 치열의 3차원 모델을 생성하기 위한 대응하는 방법에 있어서,

[0029] 방법은:

[0030] 치열의 일련의 이미지를 위에서 개시된 구강 내 스캐너로부터 검색하는 것,

[0031] 구강 내 스캐너의 각각의 카메라에서 생성된 일련의 이미지를 사용해서 형성된 시차 맵을 기초로 치열의 3차원

모델을 생성하기 위해 구강 내 스캐너에 연결된 데이터 처리부를 사용하는 것을 포함할 수 있다.

[0032] 컴퓨터 프로그램 제품은 데이터 처리부에서 실행될 때 방법을 구현하기 위한 프로그램 코드를 포함한다.

[0033] 본 발명의 추가 장점 및 특성은 다음 설명에 개시되어 있으며, 본 발명의 예시적인 실시예가 도면에 기초하여 상세히 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 구강 내 스캐닝 시스템이다.

도 2는 도 1의 구강 내 스캐너의 일부 내부 구성 요소의 사시도이다.

도 3은 구강 내 스캐너의 프로젝터와 카메라의 정면 사시도이다.

도 4는 프로젝터의 레이저 다이오드에 의해 방출된 방사선 빔의 빔 경로의 사시도이다.

도 5는 빔 형성 마이크로 렌즈 어레이에 충돌하는 광선의 빔 경로를 도시하며, 빔 경로는 레이저 다이오드의 방사선 방출 영역의 평면에 도시된다.

도 6은 빔 형성 마이크로 렌즈 어레이에 충돌하는 광선의 빔 경로를 도시하며, 빔 경로는 레이저 다이오드의 방사선 방출 영역의 평면에 직각인 평면에 도시되어 있다.

도 7은 빔 형성 마이크로 렌즈의 윤곽과 공간적 배열을 나타낸다.

도 8은 구강 내 스캐너의 카메라 시스템을 위에서 본 도면이다.

도 9는 구강 내 스캐너의 카메라 시스템과 프로젝터의 측면도이다.

도 10은 스테레오 비전의 기본 원리를 나타낸다.

도 11은 8㎜의 작동 거리에서의 스테레오 비전을 나타낸다.

도 12는 10㎜의 작동 거리에서의 스테레오 비전을 나타낸다.

도 13은 12㎜의 작동 거리에서의 스테레오 비전을 나타낸다.

도 14는 14㎜의 작동 거리에서의 스테레오 비전을 나타낸다.

도 15는 16㎜의 작동 거리에서의 스테레오 비전을 나타낸다.

도 16은 18㎜의 작동 거리에서의 스테레오 비전을 나타낸다.

도 17은 구강 내 스캐너의 데이터 처리부에 의해 수행되는 데이터 처리의 흐름도를 도시한다.

도 18은 전처리의 세부 사항을 나타낸다.

도 19는 핵심 데이터 처리의 세부 사항을 나타낸다.

도 20은 데이터 처리 중에 수행된 모델 생성의 세부 사항을 묘사한다.

도 21은 구강 내 스캐너로 얻은 표면 해상도를 나타낸다.

도 22는 변형된 실시예의 팁 영역의 사시도이다. 그리고;

도 23은 추가적인 변형된 실시예의 팁 영역의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 도 1은 치열(2)의 3차원 모델을 생성하는 데 사용될 수 있는 구강 내 스캐닝 시스템(1)을 도시한다. 구강 내 스캐닝 시스템(1)은 종축(L)을 따라 연장되는 구강 내 스캐너(3)를 포함한다. 스캐너(3) 내에 위치한 프로젝터(4)는 방사선(5)을 방출하고 도트 패턴(6)을 치열(2) 상에 투사한다. 도트 패턴(6)은 제1 카메라(7)와 제2 카메라(8)에 의해 동기 방식으로 이미지화 된다. 프로젝터(4), 제1 카메라(7) 및 제2 카메라(8)의 동작은 스캐너(3)의 핸들(10) 내에 위치할 수 있는 제어부(9)에 의해 제어될 수 있다. 제1 카메라(7)와 제2 카메라(8)에서 생성된 디지털 이미지는 데이터 처리부(11)로 전송된다. 데이터 처리부(11)는 데이터 버스(12), 프로세서(13) 및 본 명세서에 기술된 바와 같이 디지털 이미지를 처리하기 위해 사용될 수 있는 디지털 이미지 및 컴퓨터 프로그

램과 같은 데이터를 저장하기 위한 저장 수단(14)을 포함한다. 데이터 처리부(11)에는 키보드나 마우스와 같은 일반적인 입력 수단(15)과 디스플레이(16)와 같은 일반적인 출력 수단이 제공될 수도 있다.

[0036] 도 2는 구강 내 스캐너(3)의 일부 내부 구성 요소의 사시도이다. 프로젝터(4)는 구강 내 스캐너(3)의 원위(distal) 팁에 배치된다. 프로젝터(4)에는 구강 내 스캐너(3)의 원위 단부를 향해 종방향으로 방사선(5)을 방출하는 레이저 다이오드(17)에 의해 형성된 방사선 소스가 추가로 제공된다. 방사선(5)은 거울(18)에 의해 측면 방향으로 편향된다. 편향된 방사선은 윈도우를 형성할 수도 있는 마이크로 렌즈 어레이(19)에 충돌하며, 이를 통해 도트 패턴(6)에 대한 방사선(5)이 구강 내 스캐너(3)를 떠난다.

[0037] 레이저 다이오드(17)는 전형적으로 20 내지 100mW의 전력 범위에서 작동되고 400 내지 500nm 사이의 파장 범위의 방사선을 방출할 수 있다. 파장이 짧을수록, 공간 정확도가 더 좋아지는 것으로 밝혀졌다. 레이저 다이오드(17)는 450 nm +/- 5 nm 또는 405 nm +/- 5 nm 범위의 파장 또는 바람직하게는 약 450 nm 또는 405 nm의 파장에서 방사선(5)을 방출할 수 있다. 카메라(7 및 8)의 감도를 고려하면, 450 nm +/- 5 nm, 특히 450 nm의 파장을 사용하는 것이 유리할 수 있다. 왜냐하면, 카메라(7 및 8)는 이러한 파장에서 더 민감한 경향이 있어서, 공간 정확도당 신호 대 잡음 비율이 이 파장에서 최대화되기 때문이다.

[0038] 프로젝터(4)에는 추가적인 방사선으로 치열(2)을 조명하기 위한 2차 방사선 소스가 추가로 제공될 수 있다. 이 2차 방사선 소스는 도 1과 2에 도시되지 않는다. 2차 방사선 소스는 치열(2)의 컬러 사진을 찍거나, US 2006/0227216 A1에 개시된 바와 같이, 충치를 검출하기 위해, 특히 우식을 검출하기 위해 사용될 수 있으며, 크세논(xenon) 램프는 자외선에서 근가시선까지의 방사선을 방출하는 LED로 대체될 수 있다.

[0039] 구강 내 스캐너(3)는 제1 카메라(7)와 제2 카메라(8)가 장착되는 베이스 플레이트(20)를 더 포함한다. 베이스 플레이트는 또한 제어부(9)를 지닐 수 있다. 베이스 플레이트(20)는 구강 내 스캐너(3)를 데이터 처리부(11)에 연결하기 위한 커넥터(21)를 지닐 수 있다.

[0040] 도 3은 프로젝터(4)와 2개의 카메라(7, 8)의 정면 사시도이다. 프로젝터(4)는 레이저 다이오드(17)를 포함한다. 프로젝터(4)에는 후술되는 빔 성형 광학 장치로 사용되는 로드 렌즈(22)가 추가로 제공된다. 거울(18)과 최종 마이크로 렌즈 어레이(19)는 방사선(5)의 경로를 따라 로드 렌즈(22)를 따른다.

[0041] 도 4는 레이저 다이오드(17)로부터 도트 패턴(6)이 투사될 물체(24)의 표면(23)까지의 방사선(5)의 경로를 나타낸다. 방사선(5)은 타원형 단면을 갖는 방사선 빔(25)으로서, 레이저 다이오드(17)로부터 나온다. 로드 렌즈(22)는 방사선 빔(25)의 빔 발산을 한 방향으로 넓혀, 모든 방향에서 빔 발산이 더욱 균일해지도록 한다. 로드 렌즈(22)에 의해 변형된 방사선 빔(25)은 거울(18)에 충돌하고, 거울(18)은 마이크로 렌즈 어레이(19)를 향해 측면 방향으로 방사선 빔(25)을 편향시킨다.

[0042] 마이크로 렌즈 어레이(19)는 구강 내 스캐너(3)의 종축(L)에 평행하게 배향된다. 따라서, 도트 패턴(6)은 도트 패턴(6)이 제1 카메라(7)의 시야(27)와 제2 카메라(8)의 시야가 중첩되는 영역에 의해 정의되는 스캔 영역(26) 내에 위치되도록 스캐너(3)의 종축(L)에 대해 측면 방향으로 투사되며, 또한 두 카메라의 시야(27, 28)는 스캔(26)이 도트 패턴(6)의 적어도 일부를 덮도록 측면 방향으로 배향된다.

[0043] 도 4에서, 방사선 빔(25)은 빔 축(29)을 따르는 것으로 도시되어 있다. 도 5는 레이저 다이오드(17)의 방사선 방출 영역(30)의 평면에서 빔 축(29)을 따른 방사선 빔(25)의 단면도이다. 이 발광 영역(30)은 레이저 다이오드(17)의 평면형 pn 접합일 수 있다.

[0044] 단순화를 위해, 도 5에서는 거울(18)이 생략되었다.

[0045] 도 5로부터 알 수 있는 바와 같이, 방사선 빔(25)은 마이크로 렌즈 어레이(19)의 마이크로 렌즈(32)에 의해 형성된 다수의 서브 빔(31)을 포함한다. 마이크로 렌즈(32)는 레이저 다이오드(17)에 의해 방출된 방사선(5)에 대해 투명한 기판(33) 상에 배열된다. 마이크로 렌즈(32)는 기판(33)의 전면(34)에 형성되며, 전면(34)은 물체(24)를 향하는 면이다. 마이크로 렌즈 어레이(19)의 마이크로 렌즈(32)는 반-볼록 렌즈이며, 그 편평한 베이스는 기판(33)의 전면(34)에 배치되고, 곡면은 물체(24)를 향한다. 곡률 반경은 일반적으로 2~3㎜ 범위에 있으며, 이는 초점 거리 4~6㎜에 대응한다. 곡률 반경은 예를 들어 2.5㎜일 수 있으며, 이는 초점 거리 5㎜에 대응한다. 마이크로 렌즈 어레이(19)는 전체 면적이 20~70mm^2에 걸쳐 확장될 수 있다. 마이크로 렌즈(32)의 밀도는 cm^2당 1200 내지 6000의 범위일 수 있다.

[0046] 마이크로 렌즈(32)는 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 또는 폴리카보네이트(PC)로 만들어질 수 있는데, 이는 둘 다 적절한 성형성을 나타내기 때문이다. 곡률 반경은 필요한 초점 거리와 마이크로 렌즈(32)를 형성하는 데 사

용되는 재료의 유형에 따라 달라진다. 2~3㎜ 범위의 곡률 반경도 재료에 맞게 조정된다.

[0047] 각각의 마이크로 렌즈(32)는 레이저 다이오드(17)의 사출동(exit pupil)을 물체(24)의 표면(23)의 별도 영역에 이미지화하여, 물체(24) 표면(23)에 도트 패턴(6)을 생성한다. 도트 패턴(6)의 투사는 각각의 서브 빔(31)이 도트(36)로 수렴하는 장소에 의해 정의되는 투사 표면(35)에 초점이 맞춰지며, 이는 각각의 서브 빔(31)의 단면의 측면 확장이 최소라는 것을 의미한다. 모든 마이크로 렌즈(32)가 동일한 초점 거리를 갖는 경우 투사 표면(35)은 일반적으로 평면이다.

[0048] 투사 표면(35) 상의 도트 패턴(6)의 각각의 도트(36)는 레이저 다이오드(17)의 출사동의 이미지이다. 마이크로 렌즈(32) 상의 각각의 서브 빔(31)에 입사하는 광선은 시준되지 않고 발산하므로, 마이크로 렌즈(32)의 초점 거리는 물체거리(D)보다 짧으며, 물체 거리 D는 빔 축(29)을 따른 기판(33)의 전면(34)으로부터 투사 표면(37)의 거리이다.

[0049] 마이크로 렌즈(32) 외에 유일한 빔 성형 광학 요소는 마이크로 렌즈 어레이(19)와 레이저 다이오드(17) 사이에 배치된 로드 렌즈(22)이다. 복사 방출 영역(30)의 평면에서, 로드 렌즈(22)는 서브 빔(31)을 변경하지 않고 남겨둔다. 따라서 복사 방출 영역(30)의 평면에서 로드 렌즈(22)는 평면 창의 효과만을 갖는다.

[0050] 본 출원의 맥락에서, 거울 또는 평면 창은 빔 성형 광학 요소로 간주되어서는 안 된다는 점에 유의해야 한다. 변형된 실시예에서, 마이크로 렌즈 어레이(19)는 마이크로 렌즈 어레이(19)와 물체(24) 사이에 위치하는 출구 창에 의해 보호될 수 있다. 추가적인 변형 실시예에서, 방사선 빔(25)은 방사선(5)의 방향으로 마이크로 렌즈 어레이(19) 뒤에 배치된 거울에 의해 측면 방향으로 편향될 수 있다. 이 거울은 거울(18) 외에 추가적인 거울일 수도 있고, 거울(18)을 대체할 수도 있다.

[0051] 마이크로 렌즈(32)의 작은 측면 연장으로 인해, 마이크로 렌즈 어레이(19)의 물체 측에서 서브 빔(31)을 정의하는 가장자리 광선(37)의 방향이 작은 각도로 수렴된다. 따라서, 서브 빔(31)의 단면은 빔 축(29)을 따라 천천히 변한다. 결과적으로 도트 패턴(6)은 큰 깊이 선명도를 포함하며, 이는 구강 내 스캐너(3)가 항상 치열(2)로부터 정의된 거리에 유지되지 않아 투사 표면(35)이 일반적으로 물체(24)의 표면(23)과 일치하지 않는다는 사실을 고려하면 유리하다. 또한, 물체(24)의 표면(23)은 일반적으로 평면을 형성하지 않는다.

[0052] 마이크로 렌즈 어레이(19)는 도트 패턴(6)을 생성하기 위해 방사선 흡수 정지 마스크가 필요하지 않기 때문에 레이저 다이오드(17)에 의해 방출된 방사선(5)이 도트 패턴(6)을 생성하는 데 완전히 사용된다는 추가적인 이점을 갖는다.

[0053] 도 6은 복사 방출 영역의 평면에 직각인 평면에서 개별 마이크로 렌즈(32)와 연관된 서브 빔(31)의 빔 경로를 도시한다. 도 5에서와 같이, 단순화를 위해 거울(18)이 생략되었다.

[0054] 로드 렌즈(30)는 빔(25)이 마이크로 렌즈 어레이(19)를 완전히 조명하도록 레이저 다이오드(17)에 의해 방출된 방사선 빔(25)의 발산을 증가시킨다는 것이 도 6으로부터 인식될 수 있다.

[0055] 상술한 바와 같이, 레이저 다이오드(17)의 빔(25)은 타원형 단면을 갖고, 이는 레이저 다이오드(17)의 방사선 방출 영역(30) 평면에서의 빔 발산이 방사선 방출 영역(30) 평면에 직각인 방향의 빔 발산보다 크기 때문이다. 로드 렌즈(22)는 방사선 방출 영역(30)의 평면에 직각인 방향으로 빔 발산을 증가시킨다는 점에서 빔(25)의 발산을 균질화한다. 따라서 로드 렌즈(22)의 종축은 레이저 다이오드의 방사선 방출 영역(30)의 평면에 위치된다.

[0056] 마이크로 렌즈(32)는 반드시 기판(33)의 전면(34)에 위치할 필요는 없다는 점에 유의해야 한다. 대신에, 마이크로 렌즈(32)는 레이저 다이오드(17)를 향하는 기판(33)의 반대편 후면(38)에도 배치될 수 있다. 이 경우, 마이크로 렌즈(32)의 초점 거리는 기판(33)의 표면과 투사 표면(35)에 이미지화되는 레이저 다이오드(17)의 출사동 사이의 거리보다 짧아야 한다.

[0057] 도 7은 마이크로 렌즈 어레이(19)를 위에서 본 도면이다. 마이크로 렌즈(32)는 벌집 구조(39)를 형성하는 육각형 그리드 상에 배열되며, 육각형 벌집 경계(40)는 벌집 셀(41)을 정의한다.

[0058] 도트 패턴(6) 내에서 투사된 패턴의 서브 패턴이 식별될 수 있도록, 마이크로 렌즈(32)는 비-주기적으로 배열된다. 각각의 마이크로 렌즈(32)의 중심은 무작위로 선택된 방향으로 무작위로 선택된 양만큼 선형적으로 이동되며, 이동량은 선택된 방향의 벌집 중심(42)으로부터 벌집 경계(40)의 거리보다 작다. 이동량은 일반적으로 벌집 중심(42)에서 벌집 경계(40)까지의 거리의 10~20% 범위에 있다. 변위의 방향과 양은 변위 화살표(43)에 의해 예시적인 방식으로 표시된다. 따라서, 검색된 도트 패턴(6)의 서브 패턴과 디지털 이미지 데이터의 상관 함수를 계산함으로써 디지털 이미지에서 도트 패턴(6)의 서브 패턴의 위치가 식별될 수 있다. 검색된 서브 패턴의 위치

가 식별된 후에는, 개별 도트(36)의 위치도 결정될 수 있다.

[0059] 마이크로 렌즈(32)의 치수, 특히 그 두께 및 곡률 반경은 마이크로 렌즈(32)가 서로 인접하여 마이크로 렌즈(32) 사이에 갭이 없도록 선택된다. 따라서 벌집 구조(39) 내에서, 마이크로 렌즈 어레이(19)의 외부 표면에 있는 마이크로 렌즈(32)의 윤곽은 일반적으로 기판(33)의 전면(34)으로부터 일정 거리에 있다.

[0060] 벌집 구조(39)에 마이크로 렌즈(32)를 배열하는 것의 이점은 마이크로 렌즈(32)의 벌집 경계(40)가 거의 원형이라는 점이다. 직사각형 그리드에 배열된 마이크로 렌즈를 갖는 마이크로 렌즈 어레이와 비교하여, 마이크로 렌즈 중심으로부터 먼 거리, 특히 외곽선의 모서리 근처에서 가장 효과적으로 렌즈 오류가 줄어든다. 벌집 구조(39)는 도트 패턴(6)에서 도트(36)의 밀도를 최대화할 수 있게 한다.

[0061] 도 8은 카메라(7, 8)를 위에서 본 모습 및 그들 각각의 시야(27, 28)이다. 카메라(7, 8)는 모두, 시야(27, 28)의 각 축(44, 45)이 동일한 방향으로 배향되도록 베이스 플레이트(20)에 장착될 수 있다. 카메라(7, 8) 모두에는 도트 패턴(6)을 포함하는 물체(24)를 센서(47)에 이미지화하는 카메라 광학 장치(46)가 제공되는데, 이는 일반적으로 물체(24) 및 도트 패턴(6)의 디지털 이미지를 생성하는 센서 칩이다.

[0062] 두 카메라(7, 8)의 시야(27, 28)는 두 카메라(7, 8)의 센서(47)의 중심 사이에서 연장되는 길이(b)의 기준선(48)을 따라 연장되는 두 시야(27 및 28)의 긴 변을 갖는 직사각형 형상을 갖는다. 기준선(48)의 길이 b는 두 카메라(7, 8)의 시야(27 및 28)가 중첩되도록 선택된다. 두 시야(2, 42)의 중첩 영역은 스캔 영역(26)이며, 이는 일반적으로 9㎜와 20㎜ 사이에 포함된 폭과 7.5㎜와 16㎜ 사이에 포함된 높이를 나타낸다.

[0063] 카메라(7, 8)에는 물체(24)로부터 나오고 센서(47)에 충돌하는 방사선의 광학 경로에 배치된 파장 필터(49)가 추가로 제공될 수 있다. 파장 필터(49)는 예를 들어 카메라 광학 장치(46) 앞에 배치될 수 있다. 이러한 파장 필터는 US 2006/0227216 A1에 자세히 설명된 충치 또는 우식을 검출하는 데 유용할 수 있다.

[0064] 구강 내 스캐너(3)는 2개의 별도의 동작 모드로 작동될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 상술한 2차 방사선 소스가 켜지고 레이저 다이오드(17)가 꺼지는 제1 동작 모드에서는 치열(2)의 컬러 이미지가 촬영될 수 있다. 이 동작 모드는 또한 치열(2)의 충치 또는 우식을 검출하는 데 사용될 수 있다. 제2 동작 모드에서 레이저 다이오드(17)는 치열(2)의 3차원 모델을 생성하는 데 사용된다.

[0065] 다음 설명은 3차원 모델 생성을 위한 제2 동작 모드에 관한 것이다.

[0066] 마이크로 렌즈 어레이(19)는 카메라(7, 8)의 측면도와 프로젝터(4)의 마이크로 렌즈 어레이(19)를 도시하는 도 9에 도시된 바와 같이, 2개의 카메라(7, 8) 아래의 2개의 카메라(7, 8) 사이에 위치한다. 마이크로 렌즈 어레이(19)는 투사된 도트 패턴(6)이 넓은 범위의 작동 거리(WD)에 대해 카메라(7, 8)의 스캔 영역(26) 내에 적어도 부분적으로 들어가도록 배열된다. 작동 거리(WD)는 카메라(7, 8) 중 하나의 입사동과 카메라(7 또는 8)의 시야(27 또는 28)의 축(44 또는 45)을 따라 측정된 스캔 영역(26) 사이의 거리이다. 마이크로 렌즈 어레이(19)는 마이크로 렌즈(32)와 물체(24)의 표면(23) 사이의 거리를 동일하게 하기 위해 빔(25)의 빔 축(29)에 직각인 축을 향해 20° 내지 30° 범위의 각도(α)만큼 기울어져 있다. 각도 α는 일반적으로 마이크로 렌즈(32)의 베이스를 형성하는 기판(33)의 전면(34)을 따라 보았을 때 빔 축(29)과 시야(44 및 45)의 축 중 하나 사이의 각도 β의 절반보다 크다.

[0067] 도 10은 컴퓨터 스테레오비전의 기본 원리를 나타낸다. 물체(24)의 표면(23) 상의 포인트는 위치 x1에서 제1 카메라(7)의 센서(47) 상에 그리고 위치 x2에서 제2 카메라(8)의 센서(47) 상에 이미지화 된다. 이러한 이미지 포인트는 두 디지털 이미지 모두에서 상동 포인트라고도 한다. 두 센서(47)의 중심은 기준선 b에 의해 분리된다. 카메라 광학 장치(46)에 의해 형성된 입사동의 중심은 또한 길이 b를 갖는 거리만큼 분리되어 있다. 입사동과 센서 표면 사이의 거리가 f와 같다면, 도트(36)의 위치와 입사동 사이의 거리 d는 다음과 같이 중심 투사의 원리에 기초하여 계산될 수 있다.

[0068] $$d = \frac{b \cdot f}{x_1 + x_2}$$

[0069] 합계 $x_1 + x_2$는 소위 시차(disparity)이다. 따라서 시차는 도트(36)의 거리 d에 반비례한다. 스캔 영역(26) 내에서 스캔 영역(26) 내의 각각의 이미지 포인트의 시차를 나타내는 소위 시차 맵이 생성될 수 있다. 시차 맵의 그래픽 표현은 일반적으로 그레이 스케일로 인코딩되며, 그레이 레벨은 시차에 반비례한다. 이는 더 작은 작업 거리(WD)에서 물체(24)의 표면(23) 상의 포인트가 더 큰 작업 거리(WD)에서 물체(24)의 표면(23) 상의 포인트보다 더 밝게 나타난다는 것을 의미한다.

[0070] 도 11은 8㎜의 작업 거리에서 프로젝터(4)와 카메라(7 및 8) 사이의 공간 관계를 나타낸다. 위쪽 다이어그램은 제1 카메라(7)에서 촬영된 도트 패턴(6)의 왼쪽 디지털 이미지와 제2 카메라(8)에서 촬영된 오른쪽 이미지를 포함한다.

[0071] 아래쪽 다이어그램은 디지털 좌측 이미지와 디지털 우측 이미지가 중첩되는 스캔 영역(26)을 기초로 계산된 결과 시차 맵을 나타낸다.

[0072] 이어지는 도 12 내지 도 16은 도 11과 대응하지만 작업 거리가 10㎜, 12㎜, 14㎜, 16㎜ 및 18㎜이다. 시차 맵에서는 시차가 점점 더 어두워지며 이는 작업 거리의 증가에 따라 더 작은 시차 값을 나타낸다. 작업 거리가 클수록 시차는 줄어들지만 충분한 정확도로 거리를 결정하기에는 여전히 충분히 크다.

[0073] 2개의 카메라(7, 8)에 의해 촬영된 디지털 이미지는 ASV(Active Stereo Vision) 원리에 따라 처리되는데, 이는 당업계에 잘 알려진 방법이다. 이 방법에서는, 구조화된 광이 물체(24)에 투사되고, 3차원 물체(24)는 서로 다른 위치에 위치해 있는 적어도 한 쌍의 카메라에 의해 촬영된 디지털 이미지 쌍에 기초하여 중첩 스캔 영역(26)의 시차를 결정함으로써 재구성된다.

[0074] 도 17은 제1 카메라(7)와 제2 카메라(8)에 의해 촬영된 디지털 이미지에 기초하여 3차원 이미지를 재구성하는 방법의 주요 단계를 나타낸다. 이 방법은 카메라(7, 8)에 의해 촬영된 디지털 이미지에 기초하여 데이터 처리부(11)의 프로세서(13)에 의해 수행될 수 있다. 이하에서는 이러한 디지털 이미지를 프레임이라고도 한다.

[0075] 이 방법은 카메라(7 및 8)에 의해 생성된 고밀도 이미지 품질을 갖는 트루 컬러의 일련의 디지털 이미지를 생성하는 방법 단계인 이미지 캡처(50)로 시작된다. 디지털 이미지 또는 프레임은 제1 카메라(7)와 제2 카메라에 의해 동기화된 방식으로 촬영된다. 프레임 속도는 일반적으로 50~80프레임/초 범위이다.

[0076] 후속 전처리 단계(60)에서, 프레임이 전처리된다. 예를 들어, 이미지화된 조직은 자동으로 분류될 수 있다. 연조직과 관련된 이미지 영역이 프레임으로부터 제거되고 다양한 물체 사이의 여백이 자동으로 감지된다. 이러한 작업은 신경망이나 다른 형태의 인공 지능에 의해 수행될 수 있다.

[0077] 방법 핵심(70)에서는, 스캔된 치열(2)의 3차원 구조에 대한 정보가 이미지로부터 추출된다. 예를 들어, 시차 맵을 기초로 깊이 맵이 생성되고, 구강 내 스캐너(3)의 서로 다른 위치에 관한 개별 깊이 맵이 결합되어 치열(2)의 표면을 정의하는 메시가 형성된다.

[0078] 추가 모델 생성 단계(80)에서는, 치열(2)의 3차원 모델이 형성된다.

[0079] 시각화 단계(90)에서, 구축된 3차원 모델은 최종적으로 데이터 처리부(11)의 디스플레이(16)에 시각화될 수 있다.

[0080] 선택적인 후처리 단계(100)에서, 트리-차원 모델은 작업자에 의해 편집되어 최종화될 수 있다.

[0081] 도 18은 전처리(60)의 추가 세부 사항을 나타낸다.

[0082] 전처리는 프레임 타당성 검증(61)으로 시작된다. 이 단계에서는, 프레임이 구강을 나타내는지 확인하기 위해 프레임이 예상된 정보 내용을 가지고 있는지 검증하기 위해 프레임이 분석된다.

[0083] 프레임 검증(61) 다음에는 프레임 조절(62)이 이어진다. 이 단계에서는, 다음 처리 단계를 위한 프레임이 준비된다. 프레임은 크기가 조정(rescale)되고, 잘리고(crop), 뒤집히고(flip), 기울기가 조정(deskewed)되거나 균등화(equalized)된다.

[0084] 프레임 조절(62) 후에, 분할 단계(63)에서 프레임에 이미지화된 조직의 유형이 분할된다.

[0085] 도 19는 이 방법의 핵심을 추가로 나타낸다.

[0086] 제1 단계로 정류(rectification, 71)가 수행된다. 정류(71)는 동일한 시점에 제1 카메라(7)와 제2 카메라(8)에 의해 생성된 대응 프레임에 적용된다. 두 프레임의 상동 포인트가 수평선에 놓이도록 두 프레임이 다시 맵핑된다. 후속 깊이 맵 생성(72)에서, 두 프레임의 상동 포인트가 매칭되고, 이들 사이의 시차가 시차 맵에 저장된다. 시차 맵으로부터, 도 10과 관련하여 위에서 설명한 스테레오 비전의 원리에 따라 장면의 깊이 맵이 얻어진다.

[0087] 각각의 새로운 프레임 쌍에 대해, 새로 생성된 깊이 맵은 깊이 맵의 상동 3차원 포인트의 일치를 기초로 하는 등록 알고리즘을 사용하여 등록(73)을 통해 이전 깊이 맵에 추가되어 글로벌 포인트 클라우드를 형성한다.

[0088] 결과적인 포인트 클라우드는 프로그레시브 메싱(74)을 받는다. 프로그레시브 메싱(74)은 점진적으로 성장하는 3차원 장면을 디스플레이(16)에서 실시간으로 시각화할 수 있게 해준다.

[0089] 도 20은 후속 모델 세대(80)에 대한 세부 사항을 나타낸다.

[0090] 이상값 제거(81)에서는, 장면의 표면에 속하지 않는, 격리되고 관련 없는 포인트가 최종 메시에 대한 노이즈를 줄이기 위해 포인트 클라우드로부터 제거된다.

[0091] 분할 및 클러스터 제거(82)에 의해, 최종 메시의 돌출을 방지하기 위해 표면(32)에 속하지 않는 클러스터를 나타내는 포인트의 그룹이 인식되고 포인트 클라우드로부터 제거된다.

[0092] 후속해서 포인트 클라우드의 포인트 수가 줄어든다. 중복의 제거(82)에서는, 유클리드 거리가 0인 포인트 클라우드의 정점이 병합된다.

[0093] 필요에 따라, 추가 필터가 적용된다. 오리지널 포인트 클라우드와 동일한 토폴로지를 유지하지만, 오리지널 포인트의 일부만 포함하는 공간 필터(84)가 적용될 수 있다.

[0094] 필터링되고 데시메이션(decimate)된 포인트 클라우드는 포인트 위치와 표면 법선을 기초로 소위 방수 메시 표면을 얻기 위해 3D 메시 재구성(85)에 사용된다.

[0095] 그런 다음, 오리지널 포인트 클라우드의 확장을 제한하고 최종적으로 고립된 다각형을 제거하기 위해 메시 자르기(86)가 방수 메시 표면에서 수행된다.

[0096] 컬러 맵핑(87)에 의해 장면의 컬러 이미지에 포함된 컬러 정보는 메시 전체에 걸쳐 메시 표면에 재할당될 수 있다.

[0097] 메시 스무딩(88)은 최종적으로 표면을 정규화하고 다각형 노이즈를 줄이기 위해 사용될 수 있다.

[0098] 도 21은 본 명세서에 설명된 구강 내 스캐닝 시스템을 사용하여 수행된 테스트의 결과를 나타낸다. 구강 내 스캐닝 시스템은 총 1800개의 마이크로 렌즈(32)를 갖는 마이크로 렌즈 어레이(19)를 사용하여 10㎜의 작동 거리에서 치아 표면을 스캐닝함으로써 테스트되었다.

[0099] 회색 음영은 재구성된 3차원 모델의 정확성을 나타낸다. 평균 정확도는 14㎛ 범위이다. 전체 3차원 모델에 대한 정확도는 13㎛ 범위의 분산 σ를 갖는 분포에 따라 달라졌다.

[0100] 본 명세서에 설명된 시스템 및 방법은 ASV(Active Stereo Vision)의 원리를 기초로 한다. 그러나, SLS(Structured-Light Stereo) 원리를 기초로 이미지가 평가될 수도 있다는 점에 유의해야 한다. 이 방법에서는, 능동 스테레오 비전의 원리에 따라 본 명세서에 설명된 대로 이미지 쌍의 차이가 평가된다. 추가적으로, 각각의 카메라의 이미지는 기준 거리에서 기준 이미지와의 편차를 평가한다. 이러한 차이로부터 깊이 맵이 계산될 수 있다. 해당 기술 분야에서는 이러한 추가 평가를 삼각 측량이라고도 한다. 그러나 삼각 측량의 한 가지 문제는 참조 이미지의 보정이다. 따라서, 삼각 측량을 통해 추가적인 깊이 정보를 검색하려면 상당한 노력이 필요하다.

[0101] 도 22는 구강 내 스캐너(3)의 변형된 실시예의 일부를 도시한다. 도 22는 특히 거울(18)이 생략된 것을 제외하고는 프로젝터(4)와 동일한 구성요소를 포함하는 수정된 프로젝터(204)가 제공되는 핸들(10)의 원위 단부 부분(203)을 도시한다. 따라서 프로젝터(204)는 종축(L)을 따라 도트 패턴(6)을 투사한다. 원위 단부 부분(203)에는 프로젝터(204) 주위에 배치되고 컬러 및/또는 그레이 스케일 이미지를 촬영할 수 있는 제1 카메라(207), 제2 카메라(208) 및 제3 카메라(209)가 추가로 제공된다. 원위 단부 부분(203)에는 예를 들어 UV 광으로 치열(2)을 조명하기 위한 LED(210)가 추가로 제공될 수 있다. 프로젝터(204), 제1 카메라(207), 제2 카메라(208) 및 제3 카메라(209)는 수동 스테레오비전 또는 삼각 측량뿐만 아니라 상술한 바와 같은 능동 스테레오 비전에도 사용될 수 있다. 원위 단부 부분(203)에는 또한 중공 팁(211)이 제공될 수 있다. 팁(211)의 원위 단부(212)에는, 빔(25)을 측면 방향으로 편향시키는 거울(218)이 제공된다. 팁(211)은 핸들(10)로부터 탈착가능할 수 있다. 팁은 추가로 고압멸균 가능하며, 거울(218)의 김서림을 방지하기 위한 가열 요소 및/또는 적합한 코팅이 제공될 수 있다.

[0102] 팁(211)은 광학 경로가 더 길고, 빔 축(29)에 직각에서 도트 패턴(6)의 측면 확장이 도 1 내지 도 16의 실시예에서 보다 더 크기 때문에 도트 패턴(6)의 크기를 확장할 수 있게 한다. 프로젝터(204)에 사용되는 마이크로 렌즈(32)의 초점 거리는 그에 따라 도 1 내지 도 16에 도시된 실시예보다 더 길어야 하고 마이크로 렌즈(32)의 곡

률 반경은 더 커야 한다. 도 22의 실시예에서는 최대 50㎜의 광학 경로 길이와 작동 거리 WD를 허용한다.

[0103] 도 23은 구강 내 스캐너(3)의 추가 변형 실시예를 도시한다. 도 23은 핸들(10)의 원위 단부 부분(203)을 다시 도시한다. 원위 단부 부분(203)은 핸들(10)의 원위 단부 부분(203)으로부터 제거될 수 있는 슬리브형 팁(219)에 의해 덮여 있다. 도 22에 도시된 실시예와 비교하여, 도 23의 실시예는 더 짧은 광학 경로 및 20㎜ 이상의 작동 거리(WD)를 허용한다.

[0104] 치열(2)의 컬러 이미지를 생성하기 위해, 레이저 다이오드(17)와 2차 방사선 소스가 교대로 활성화될 수 있으며 대응하는 이미지는 카메라(7 및 8)에 의해 촬영될 수 있다. 2차 방사선 소스에 의한 조명 하에서 촬영된 이미지는 치열(2)의 착색된 표면을 갖는 3차원 모델을 생성하기 위한 컬러 맵핑(87)에 사용될 수 있다.

[0105] 데이터 처리부(11)는 적어도 하나의 물리적 또는 논리적 프로세서(13)를 갖는 컴퓨터일 수 있다. 데이터 처리부(11)는 또한 여러 개의 물리적 컴퓨터에서 구현될 수 있거나 디스플레이(16)를 포함하는 통합 디바이스일 수 있다.

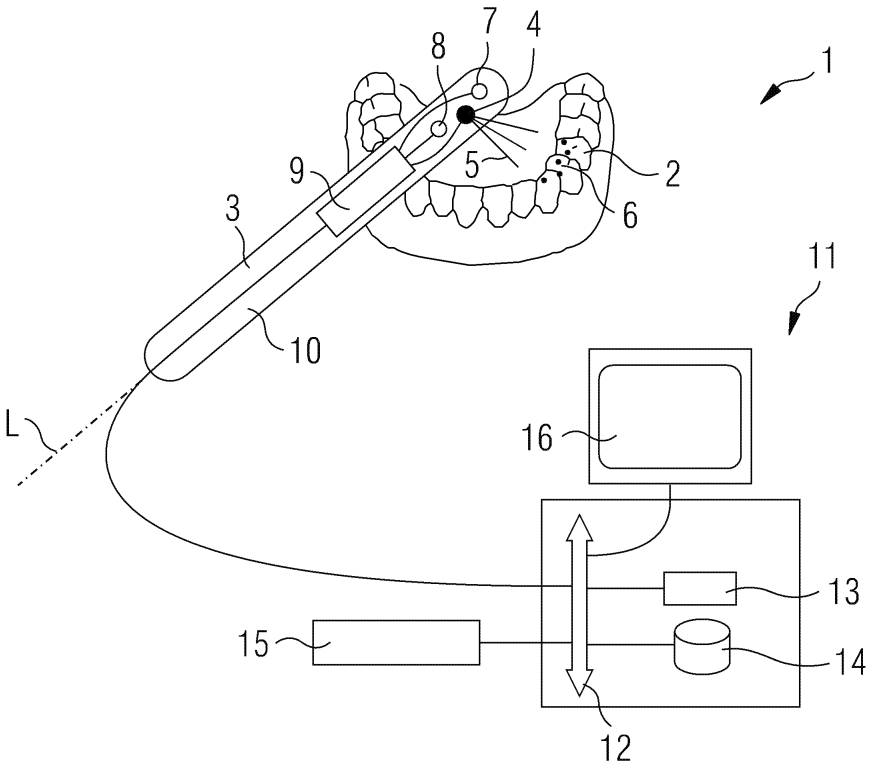
[0106] 또한, 코드가 데이터 처리부(11) 또는 일부 다른 개체의 프로세서에 의해 실행되는 경우, 본 명세서에 설명된 방법을 구현하기 위한 코드를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품에 의해 방법이 구현될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 일부 실시예에서, 컴퓨터 프로그램 제품은 디스크, 컴팩트 디스크 또는 디지털 다목적 디스크 등과 같은 컴퓨터 판독 가능 데이터 매체(carrier)에 저장된 코드일 수 있다. 다른 실시예에서, 컴퓨터 프로그램 제품은 서버 또는 서버 어레이의 데이터 저장부에 저장된 코드일 수도 있다. 이러한 데이터 저장부는 하드 디스크 또는 하드 디스크 어레이 등일 수 있다. 추가 실시예에서, 데이터 매체는 또한 프로그램 코드를 클라이언트에 다운로드하는 데 사용될 수 있는 서버로부터 코드를 전송하는 데 사용될 수 있는 전기 캐리어 신호일 수 있다.

[0107] 본 명세서의 발명의 설명 및 청구 범위 전반에 걸쳐, 문맥상 달리 요구되지 않는 한, 단수형은 복수형을 포함한다. 특히, 부정관사가 사용되는 경우, 본 명세서는 문맥에서 달리 요구하지 않는 한, 단일성뿐만 아니라 복수성을 고려하는 것으로 이해되어야 합니다.

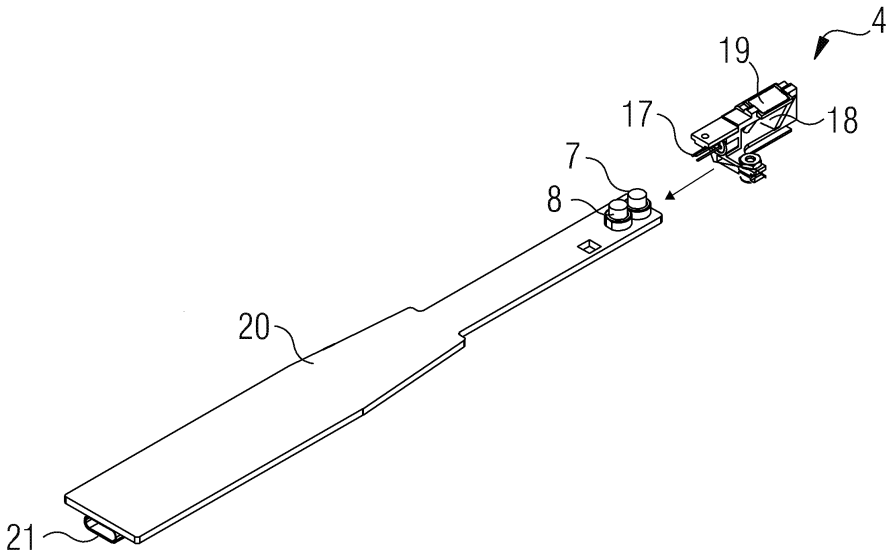
[0108] 본 발명의 특정 측면, 실시예 또는 예시와 관련하여 설명된 특징, 정수, 특성, 화합물 또는 그룹은 호환되지 않는 한 본 명세서에 설명된 임의의 다른 측면, 실시예 또는 예시에 적용 가능한 것으로 이해되어야 한다.

도면

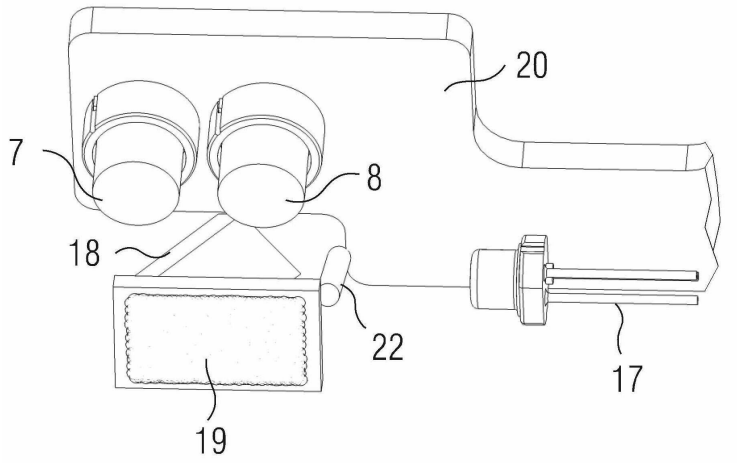
도면1



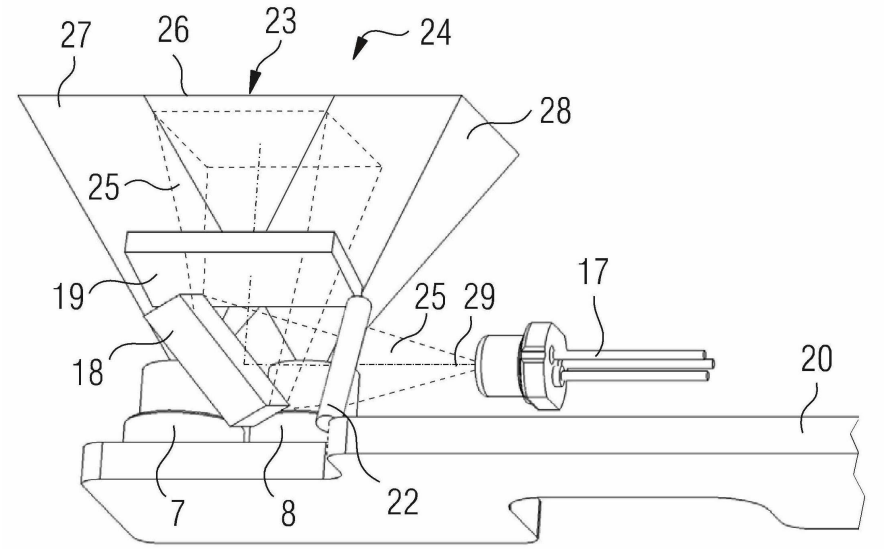
도면2



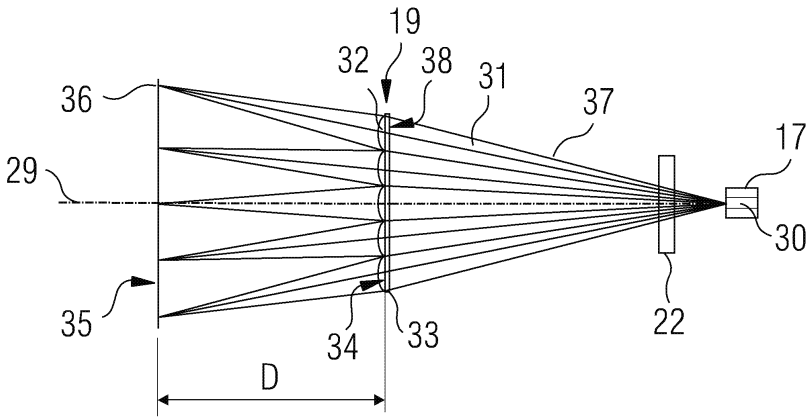
도면3



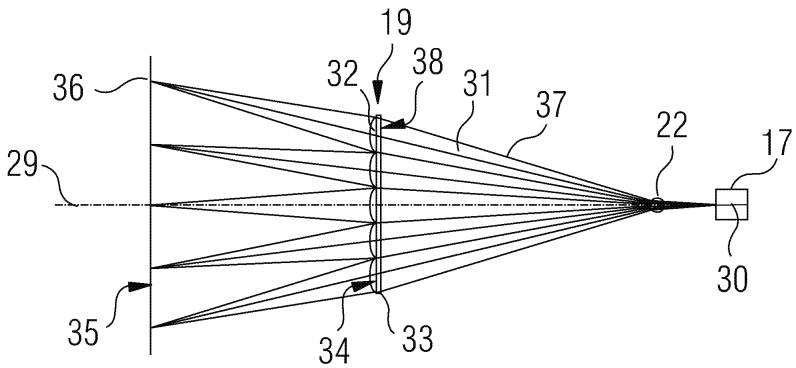
도면4


27
26
23
24
28
25
19
25
29
17
18
20
7
8
22

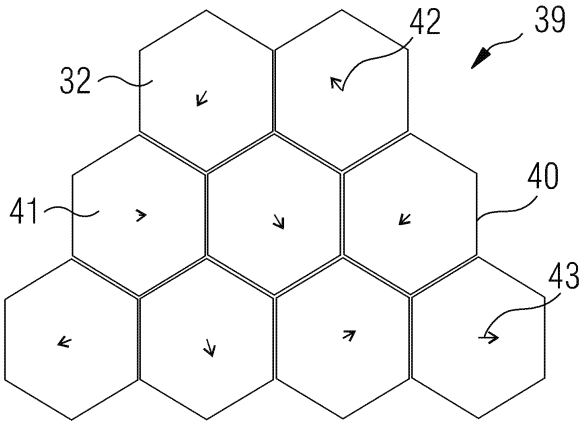
도면5


19
32
38
31
37
36
17
29
30
35
34
33
22
D

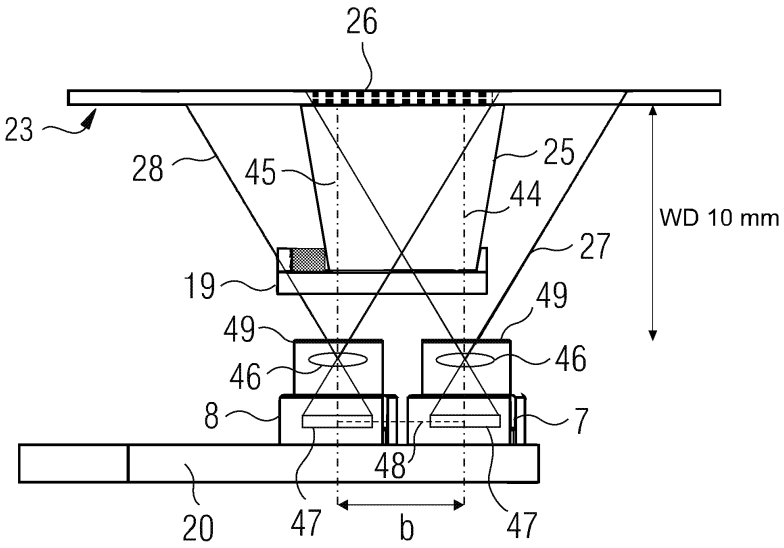
도면6


19
32
38
31
37
36
22
17
29
30
35
34
33

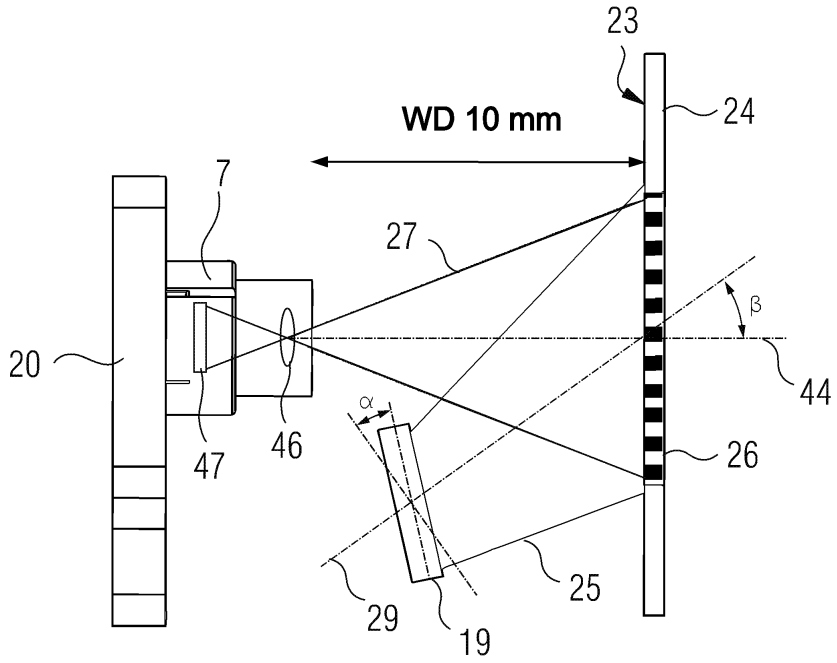
도면7


42
39
32
40
41
43

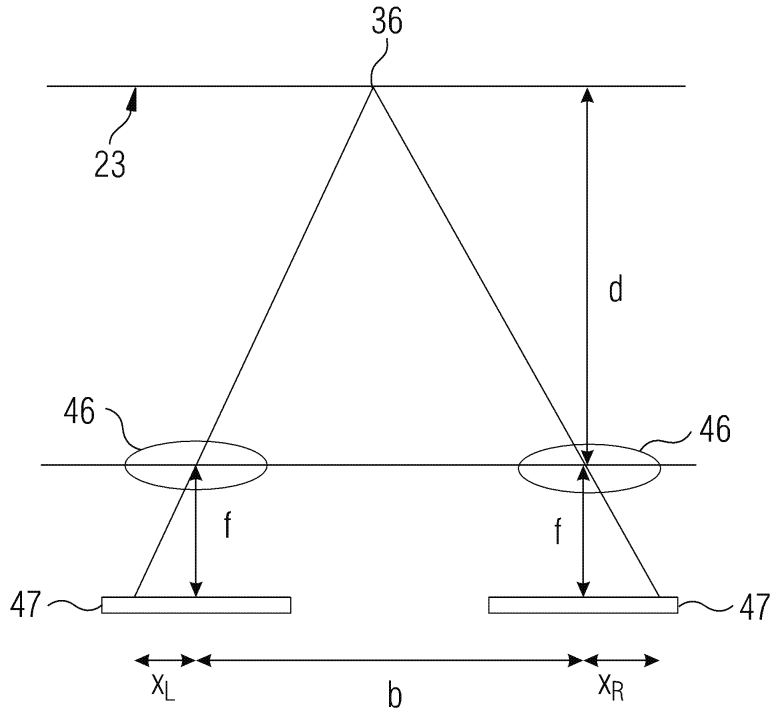
도면8


26
23
28
45
25
44
WD 10 mm
27
19
49
49
46
46
8
7
48
20
47
b
47

도면9

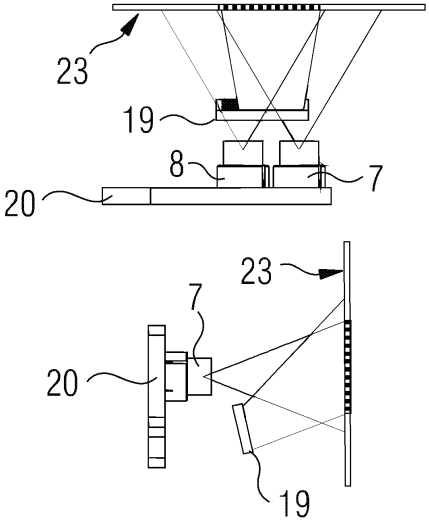

23
WD 10 mm
24
7
27
β
20
44
α
46
47
26
25
29
19

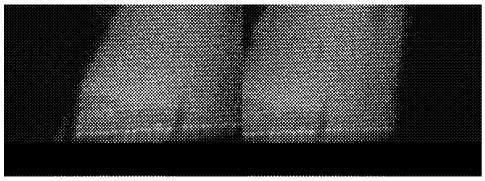
도면10


36
23
d
46
46
f
f
47
47
x_L
b
x_R

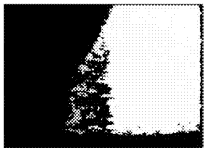
도면11

WD = 8 mm:





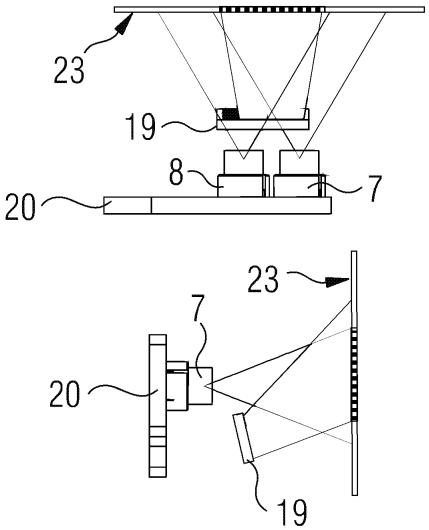
스테레오 이미지

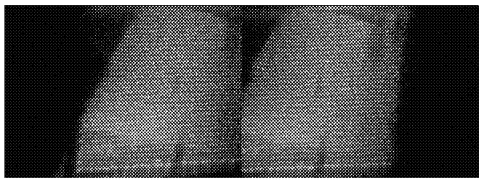


시차 맵

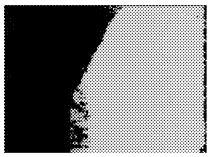
도면12

WD = 10 mm:





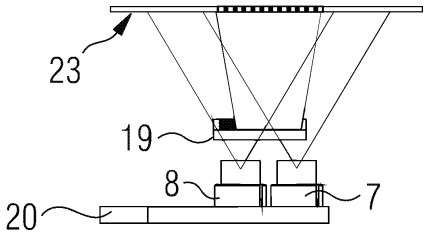
스테레오 이미지

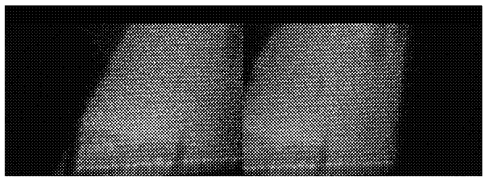


시차 맵

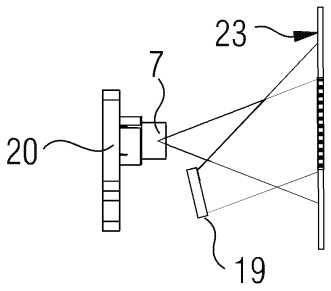
도면13

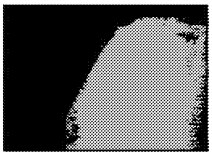
WD = 12 mm:





스테레오 이미지

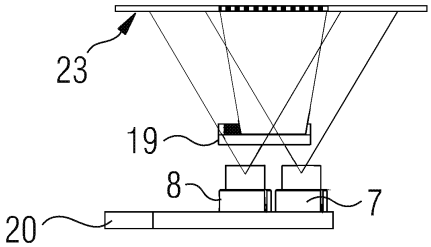


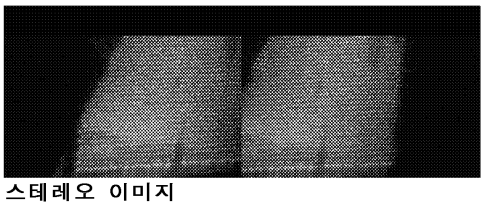


시차 맵

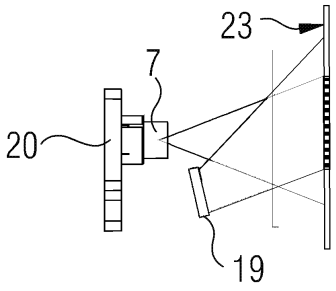
도면14

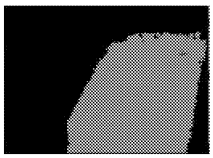
WD = 14 mm:





스테레오 이미지

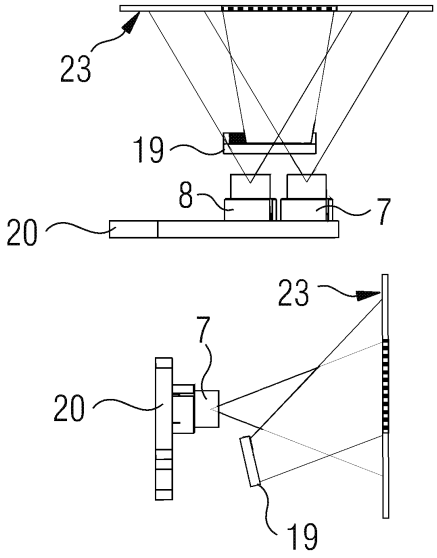


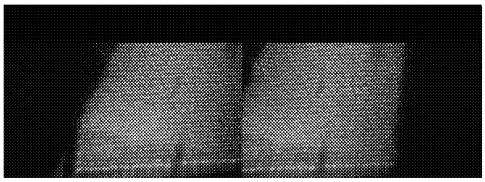


시차 맵

도면15

WD = 16 mm:





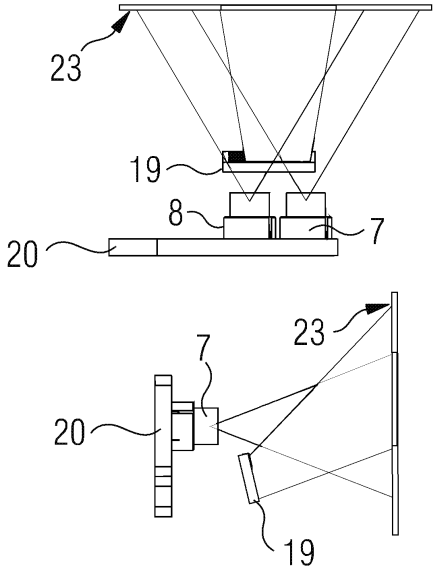
스테레오 이미지

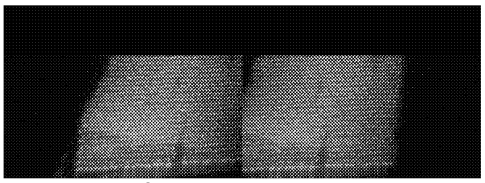


시차 맵

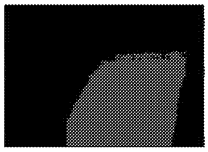
도면16

WD = 18 mm:



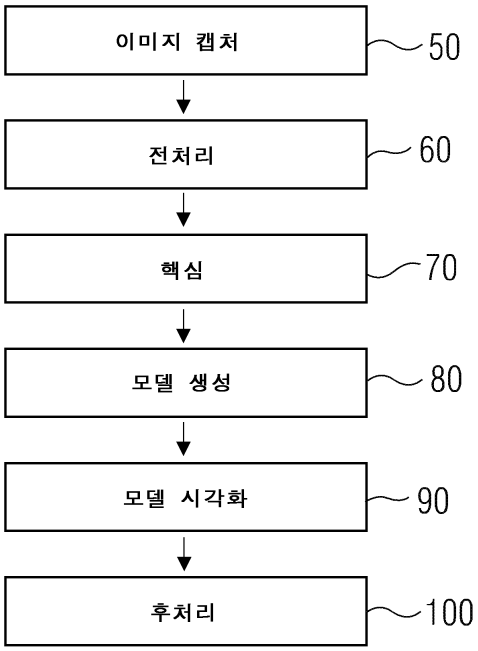


스테레오 이미지

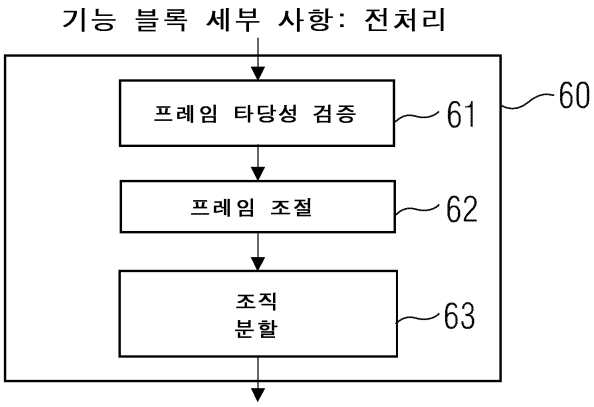


시차 맵

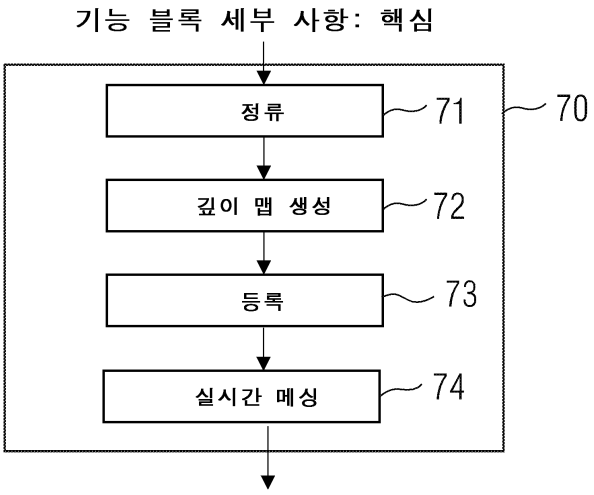
도면17


이미지 캡처
50
전처리
60
핵심
70
모델 생성
80
모델 시각화
90
후처리
100

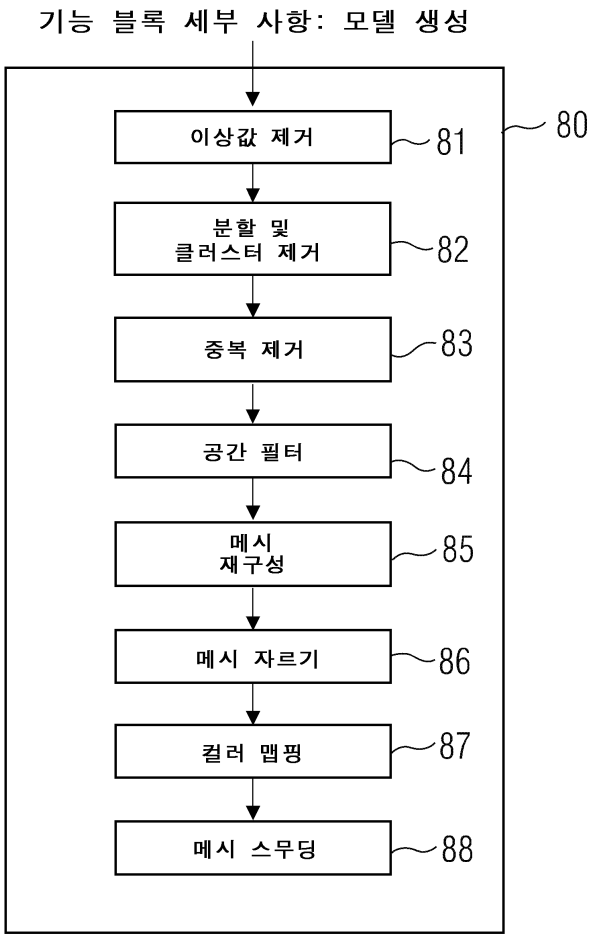
도면18


기능 블록 세부 사항: 전처리
프레임 타당성 검증
61
60
프레임 조절
62
조직
분할
63

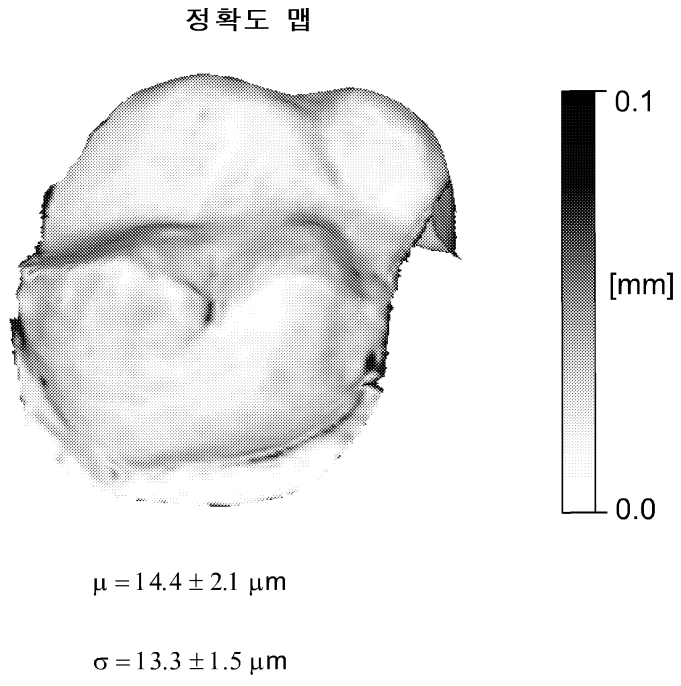
도면19


기능 블록 세부 사항: 핵심
정류
71
70
깊이 맵 생성
72
등록
73
실시간 메싱
74

도면20


기능 블록 세부 사항: 모델 생성
이상값 제거
81
80
분할 및
클러스터 제거
82
중복 제거
83
공간 필터
84
메시
재구성
85
메시 자르기
86
컬러 맵핑
87
메시 스무딩
88

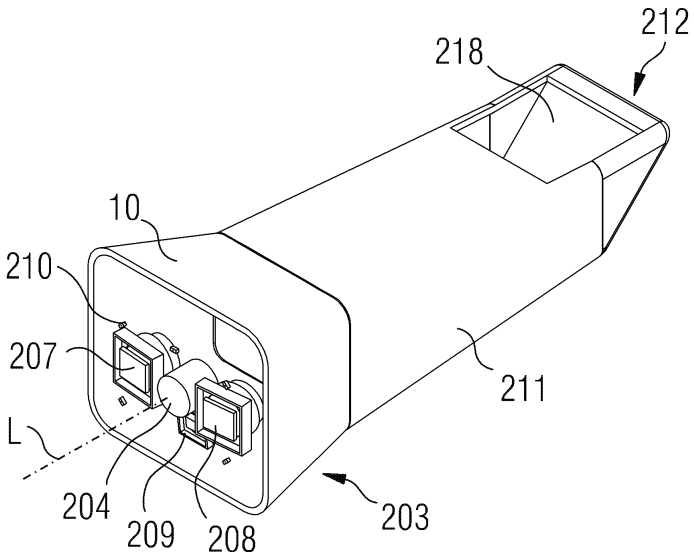
도면21



$\mu = 14.4 \pm 2.1\ \mu m$

$\sigma = 13.3 \pm 1.5\ \mu m$

도면22



도면23

