



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월20일
 (11) 등록번호 10-1610677
 (24) 등록일자 2016년03월30일

- | | |
|---|---|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 3/10 (2006.01) A61B 3/107 (2006.01)
A61B 3/113 (2006.01) A61F 9/007 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7013580
(22) 출원일자(국제) 2012년10월22일
심사청구일자 2014년05월20일
(85) 번역문제출일자 2014년05월20일
(65) 공개번호 10-2014-0079852
(43) 공개일자 2014년06월27일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/070850
(87) 국제공개번호 WO 2013/057307
국제공개일자 2013년04월25일
(30) 우선권주장
11186271.0 2011년10월22일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
EP02184005 A1 | (73) 특허권자
알콘 파아마슈티칼스 리미티드
스위스 1701 프리부르 카스 포스탈 뤼 루이 다프리 6
(72) 발명자
케르스팅, 올리버
독일 14532 클라인마흐노브 칼 마르크스 슈트라쎬 53
그웬디크, 마르틴
독일 15834 랑스도르프 발트회헤 26
(74) 대리인
특허법인 남앤드남 |
|---|---|

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 이재균

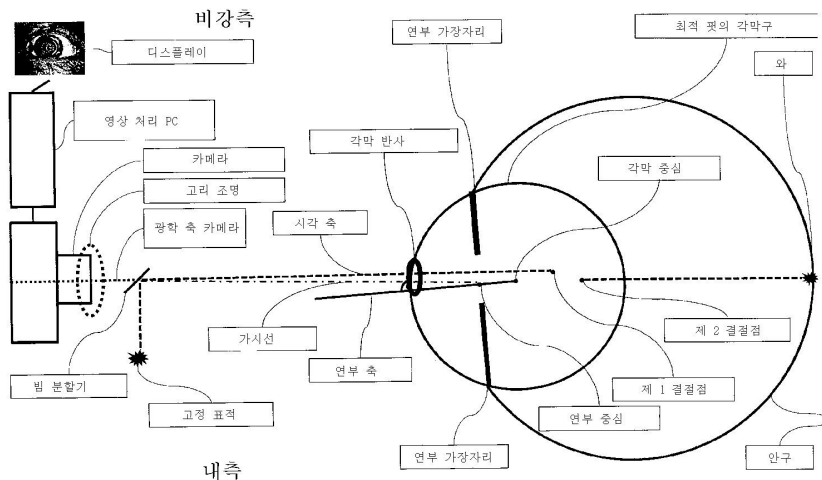
(54) 발명의 명칭 **눈의 하나 이상의 수술 파라미터들의 모니터링을 위한 장치**

(57) 요약

눈의 하나 이상의 영상들을 찍기 위한 카메라; 첫 번째 세션 동안 상기 카메라에 의해 찍힌 영상에 근거하여 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 첫 번째 좌표 시스템에서 결정하기 위한 모듈; 상기 첫 번째 세션과 시기적으로 떨어져 배치된 두 번째 세션 동안 상기 카메라에 의해 찍힌 영상에 근거하여 상기 눈의 적 (뒷면에 계속)

대표도

시스템 설정 참조 장치(RD)



어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 두 번째 좌표 시스템에서 결정하기 위한 모듈; 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간에 6 자유도에서 눈 이동을 결정하고, 이에 근거하여 좌표 변환을 결정하기 위한 모듈; 상기 결정된 눈 이동에 근거하여 상기 첫 번째 좌표 시스템으로부터의 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 상기 두 번째 좌표 시스템 내로 변환하기 위한 모듈; 상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 수술 눈 파라미터 및 그 좌표들 그리고 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터 및 그 좌표들에 근거하여 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간의 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들의 변화를 정량하고/하거나 가시화하기 위한 모듈을 포함하는, 시기적으로 떨어져 배치되고 그 사이에 환자의 눈이 이동할 수 있는 다회 세션들에 걸쳐 눈의 하나 이상의 수술 파라미터들을 모니터링하기 위한 장치가 제공되며, 상기 수술 눈 파라미터들은 하기 중 하나 이상이다: 환자의 눈에 수술적으로 배치된 임플란트에 근거하는 눈의 임플란트-관련 파라미터들; 또는 각막 또는 연부 또는 공막 절개들의 위치 및/또는 윤곽.

명세서

청구범위

청구항 1

눈의 하나 이상의 영상들을 찍기 위한 카메라;

첫 번째 세션 동안 상기 카메라에 의해 찍힌 영상에 근거하여 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 첫 번째 좌표 시스템에서 결정하기 위한 모듈;

상기 첫 번째 세션과 시기적으로 떨어져 배치된 두 번째 세션 동안 상기 카메라에 의해 찍힌 영상에 근거하여 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 두 번째 좌표 시스템에서 결정하기 위한 모듈;

상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간에 6 자유도에서 눈 이동을 결정하고, 이에 근거하여 좌표 변환을 결정하기 위한 모듈;

상기 결정된 눈 이동에 근거하여 상기 첫 번째 좌표 시스템으로부터의 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 상기 두 번째 좌표 시스템 내로 변환하기 위한 모듈;

상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 수술 눈 파라미터 및 그 좌표들 그리고 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터 및 그 좌표들에 근거하여 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간의 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들의 변화를 정량, 가시화, 또는 정량 및 가시화하기 위한 모듈을 포함하는, 시기적으로 떨어져 배치되고 그 사이에 환자의 눈이 이동할 수 있는 다회 세션들에 걸쳐 눈의 하나 이상의 수술 파라미터들을 모니터링하기 위한 장치로서, 상기 수술 눈 파라미터들이 하기 중 하나 이상인 장치:

환자의 눈에 수술적으로 배치된 임플란트에 근거하는 눈의 임플란트-관련 파라미터들; 또는

각막 또는 연부 또는 공막 절개들의 위치, 윤곽, 또는 위치 및 윤곽.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 임플란트 관련 눈 파라미터가 하기의 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 장치:

눈에서 임플란트의 위치, 배향, 또는 위치 및 배향;

파열의 위치, 윤곽, 또는 위치 및 윤곽; 및

파열 및 임플란트 윤곽의 중첩.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터의 변화를 정량, 가시화, 또는 정량 및 가시화하기 위한 상기 모듈이 하기를 포함하는 장치:

상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터 및 상기 두 번째 세션 동안 찍은 눈의 영상에서 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터를 디스플레이하기 위한 모듈; 및

상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 수술 눈 파라미터 및 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터 간 차이를 계산하고 상기 두 번째 세션 동안 찍은 상기 눈의 영상에서 상기 차이를 가시화하기 위한 모듈.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 첫 번째 세션이 수술 전 세션이고 상기 두 번째 세션이 수술 중 세션 또는 수술 후 세션이거나, 또는

상기 첫 번째 세션이 수술 중 세션이고 상기 두 번째 세션이 수술 후 세션이거나, 또는

상기 첫 번째 세션이 수술 후 세션이고 상기 두 번째 세션이 나중에 수행되는 또 다른 수술 후 세션인 장치.

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 하기를 추가로 포함하는 장치:

경시적으로 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터의 변화를 기록하기 위해 경시적으로 다회 세션들 동안 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터를 측정하고 기록하기 위한 모듈.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 하기를 추가로 포함하는 장치:

고리형 광 패턴에 의해 눈을 조명하여 각막 반사들을 생성하기 위한 조명 단위로서, 고리의 중심이 카메라의 광학 축과 동축이 되도록 배치된 조명 단위;

상기 첫 번째 세션, 상기 두 번째 세션, 또는 상기 첫 번째 세션 및 상기 두 번째 세션 동안 눈의 영상에서 각막 반사들의 위치를 결정하기 위한 모듈;

상기 첫 번째 세션, 상기 두 번째 세션, 또는 상기 첫 번째 세션 및 상기 두 번째 세션 동안 각막 반사들의 상기 결정된 위치에 근거하여 그 위에 실장된 구형 각막을 갖는 구형 안구로서의 눈을 나타내는 기하구조적 모델에 기반한 상기 첫 번째 좌표 시스템, 상기 두 번째 좌표 시스템, 또는 상기 첫 번째 좌표 시스템 및 상기 두 번째 좌표 시스템에서 눈의 적어도 하나의 추가 파라미터 및 그 좌표들을 결정하기 위한 모듈;

상기 눈의 적어도 하나의 추가 파라미터를 동일한 영상에서의 상기 적어도 하나의 임플란트 관련 눈 파라미터와 함께 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간의 눈 이동에 근거하여 눈의 이동이 보상되도록 그 좌표들을 변환한 뒤 가시화하기 위한 모듈.

청구항 7

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 파라미터가 구형 안구 및 그 위에 실장된 각막에 의해 눈의 형태 및 위치를 나타내고 구형 형태 또는 타원체 형태를 갖는 눈 모델에 근거하여 결정됨으로써 상기 각막 반사들의 측정된 위치 및 상기 눈 모델을 이용하여 상기 적어도 하나의 추가 파라미터를 계산할 수 있게 되는 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가 하기 중 하나 이상을 포함하는 장치:

회전 타원체 파라미터들의 측면에서 각막의 형태를 정의하는 k-측정치들;

동공 중심 및 기지 위치의 고정점을 연결하는 선으로서의 가시선;

각막 방 깊이;

눈의 시각 축;

눈이 왼쪽 눈인지 오른쪽 눈인지에 대한 결정.

청구항 9

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가 각막 반사들에 대한 최적 핏의 타원을 결정하고 타원의 장축, 단축 및 배향을 결정하여 측정되는 k-측정치들을 포함하는 장치.

청구항 10

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 장치가 기지 좌표들에서, 카메라의 광학 축 상의 고정 표적을 추가로 포함하며, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가 각막 중심 및 기지의 고정 표적을 연결하는 벡터로서 결정된 시각 축을 포함하고, 여기서 각막 중심이 각막 반사들의 위치에 근거하여 결정되는 장치.

청구항 11

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가 시각 축 및 동공 축 간의 카파각을 포함하거나,

상기 추가 파라미터가 시각 축 및 각막 표면 간의 교차점으로서, 각막 반경이 상기 각막 반사들의 위치에 근거하여 결정되는 교차점인, 장치.

청구항 12

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가 연부 RI의 반경 결정에 근거하여 결정된 전방 깊이를 포함하며, 각막 방 깊이 CD가 $CD = R_c - \sqrt{R_c^2 - RI^2}$ 로 도출되도록 이것을 각막 광 반사들에 근거하여 결정된 반경 R_c 를 갖는 최적 핏의 각막구 상의 위도권으로 가정하는 장치.

청구항 13

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가 동공 중심 및 기지 위치의 고정점을 연결하는 벡터로서 결정된 가시선을 포함하며, 동공 중심의 z-좌표가 카메라 및 눈 간의 기지의 거리에 근거하여 결정되고, 동공의 x- 및 y-좌표들이 영상에서 동공 위치의 측정에 근거하여 결정되고/되거나,

상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가, 동공 중심을 통해 진행되는 선이면서 각막 표면에 직각인 동공 축을 포함하는 장치.

청구항 14

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터가, 환자가 카메라의 광학 축에 놓인 기지의 고정점을 응시할 때 연부 중심 또는 각막 중심이 카메라의 광학 축에 더 가까운지에 대한 결정을 포함하는 장치.

청구항 15

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 하기를 포함하는 장치:

상기 첫 번째 세션 동안 결정된 상기 적어도 하나 이상의 수술 눈 파라미터들 및 상기 적어도 하나 이상의 추가 눈 파라미터들의 임의 조합 및 가능하게는 상기 첫 번째 및 두 번째 세션 간의 눈 이동이 보상되도록 동일한 영상에 상기 두 번째 세션 동안 결정된 상기 적어도 하나 이상의 수술 눈 파라미터들 및 상기 적어도 하나 이상의 추가 눈 파라미터들의 상이한 임의 조합을 가시화하기 위한 모듈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 눈의 하나 이상의 수술 파라미터들의 모니터링을 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 안과학 분야, 구체적으로 굴절안 진단 및 눈 수술에 관한 것이다. 대부분의 굴절안 치료들에 있어서,

[0003] (1) 환자 눈의 수술 전 진단 정보가 결정되어 적절한 시술(예로 임플란트 대 레이저)을 선택하고 개별 치료 단계들(예로 절단 부위 또는 임플란트 정렬 방법)을 정의하며,

[0004] (2) 굴절 교정 임플란트들(예로 IOL, 각막 인레이들)을 삽입하거나 수술 활동들(예로 절개부들을 절단함, 레이저 샷 패턴들을 적용함)을 시행하는 개별 수술 치료가 수행되고, 그리고

[0005] (3) 임플란트 및/또는 수술 활동을 포함하는 환자 눈의 수술 후 진단 정보가 결정된다.

[0006] (1) 및 (3)은 전형적으로 각막계, 각막만곡도 측정기, 웨이브프론트 분석기, 샤임플러그 장치들, 간섭계 또는 슬릿 램프들과 같은 진단 장치들을 이용하여 수술실 밖에서 수행된다. (2)는 전형적으로 수술의들의 수동 작업을 지원하는 범용 수술 현미경 및 적절한 도구들(예로 나이프들, 백내장 수술기(phaco machine))을 이용하여 또는 수술 단계들의 부분 또는 완전 자동화를 위한 전용 장치들(예로 굴절 엑시머 레이저 치료, 백내장 레이저 치료)을 이용하여 수술실에서 수행된다.

[0007] 최근에는 눈의 특성들을 측정하는 광범위한 진단 장치들이 존재한다. 각막만곡도 측정기 또는 각막계는 환자 각막의 형태 및 곡률을 측정하며(예로 Zeiss Atlas), 웨이브프론트 장치는 환자의 눈 광학의 전체 굴절을 결정하

고(예로 AMO Wavefront Sciences COAS), 간섭계는 환자 안구의 축 길이를 측정하고(예로 Haag-Streit LenStar LS900), 사인플러그 장치는 앞쪽 및 뒤쪽 각막 굴절뿐만 아니라 두께를 측정하고(예로 Oculus Pentacam), 슬릿 램프는 의사의 수동 검사를 위한 환자의 눈 앞쪽의 영상을 제공한다.

- [0008] 모든 상이한 진단 접근들 및 관련 장치들은 단안 측정들을 위해 높은 재현성을 갖는 정확한 도구들로 진화하였으며, 이에 따라 임상적 결과를 확인하기 위한 검사에 있어서 수술 전뿐만 아니라 수술 후에 적용된다.
- [0009] 안과학 측면에서 나타나는 눈의 수술 중 측정을 위한 추가 접근들이 존재한다. 수술 중 각막계측 수동 도구(예로 STORZ의 난시교정 자)를 이용하여 각막 형태 및 수술 동안의 그 변화들을 대략 측정할 수 있고, 수술 중 웨이브프론트 장치-원리 상-는 천연 렌즈의 제거 후 인공 렌즈에 필요한 배율 및 비점수차를 결정할 수 있도록 한다(예로 Wavetec ORange). 모든 수술 중 굴절 측정 도구들은 측정을 수행하는 순간: 눈 수술 순간으로 인한 어려움을 겪는다. 수술 중 눈 특성들은 자연적인 비수술 조건에 비해 변화한다. 안내 압력이 더 높을 수 있고, 기계적 충격들로 인해 각막이 변형될 수 있으며, 유체들의 부분적인 교환으로 인해 눈 유체들의 굴절이 변할 수 있다 (기타 등등). 그러나 이러한 일반적 단점과 상관없는, 하나의 특정 눈에 대한 한 시점에서의 이들 장치들의 재현성이 합리적이다.
- [0010] 본 섹션에서 상기에 명명된 모든 장치들 및 도구들은 다소 일관된 장치 내 장치 좌표 시스템을 공통적으로 이용할 수 있으나("장치-일관된"은 도구 또는 장치가 환자 X에서 한 순간 T에 측정된 일관된 결과를 다회 제공함을 의미함) 그것들에는 모두 전체 공정을 커버하는 일관된 좌표 시스템("공정-일관된")이 없다. 공정-일관된 좌표 시스템을 이용하여 환자의 눈이 시각적으로 확인되는 모든 공정 단계(측정 또는 치료)를 초기에 정의된 참조 좌표 시스템에 매칭하고 변환할 수 있다.
- [0011] 공정-일관된 좌표 시스템의 부재로 인해, 상이한 단계들 사이에 일어나는 시스템적 오류들이 전반적인 치료 오류에 직접 영향을 미치고 있다. 일부 예들은 다음과 같다:
- [0012] a) 착석 위치별 오류 (Sit-to-Sit Error): 현재의 관례는 환자의 머리를 똑바로 세운 위치에 두고 모든 진단 측정들을 수행하고 있다. 수술의들 99%의 가정은 중력이 눈을 매 측정에 대해 정확한 배향으로 유지한다는 것이다. 이러한 방식으로 상이한 장치들로부터의 측정 결과들의 조합을 쉽게 수행할 수 있다. 불행히도 이러한 가정은 틀린 것이다. 눈은 하나의 착석 위치와 다른 위치 간에 7° 까지 회전할 수 있다.
- [0013] b) 마커-오류 (Marker-Error): 현재의 관례는 각막 또는 연부 경계 상에서 축들 또는 위치들의 표시를 위해 잉크 마커들 또는 잉크 마커 도구들을 사용한다. 잉크 마커들의 사용에 대한 정확성은 마커의 크기(예로 5° 두께로 표시될 수 있음), 수술의가 마킹을 수행하는 동안의 미지의 좌표 시스템(a) 참고)뿐만 아니라 마커를 읽는 정확성으로 인해 제한된다. 오류들은 6° 이상까지 쉽게 합산될 수 있다.
- [0014] c) 수술의들-오류: 현재까지, 예로 백내장 수술의는 특별한 정확성을 필요로 하는 대부분의 수술 단계들을 완전 수동으로 수행하고 있다: 이들은 이전에 수행한 표시들에 근거하여 절개들의 위치를 정하거나 임플란트들을 정렬한다. 마커 오류에 더하여 수술의 손가락들의 기계적 정밀성을 고려할 필요가 있다.
- [0015] d) 임플란트-오류: 임플란트의 유형에 따라 임플란트의 상이한 수술 후 이동들이 일어날 수 있다. 예를 들어 초기 원환체 IOL 디자인들은 슬릿 램프 평가를 기준으로 수술 후 10° 까지 이동하는 경향이 있다.
- [0016] 전반적인 임상적 결과로부터의 지침들, 계산도표들 또는 신규한 임플란트 디자인들과 도구 디자인들의 도출은 a)-d)와 같은 상이한 시스템적 오류 영향들의 구분을 결정하거나 구별할 수 없었다.
- [0017] 최신 세대의 임플란트들 또는 최신 세대의 레이저 시스템들의 높은 광학 복잡성으로 더 높은 진단 및 수술 정확성에 대한 이러한 요구가 이미 존재하지만, 기존 도구들로는 전반적인 오류들만을 결정할 수 있고 하나 하나의 진단 단계 또는 수술 단계의 오류 파급을 해결할 수는 없다.

발명의 내용

- [0018] 발명의 요약
- [0019] 상기 상황의 측면에서, 하나의 구현예에 따르면 공정-일관된 좌표 시스템이 제공된다. 환자의 눈이 시각적으로 확인되는 모든 공정 단계(측정 또는 치료)를 초기 정의된 참조 좌표 시스템에 매칭하고 변환할 수 있다. 이는 수술 전, 수술 및 수술 후를 포함할 수 있는 다회 세션들에 걸쳐 일관된 공정 좌표 시스템 부재의 단점들을 극복한다.

- [0020] 하나의 구현예에 따르면, 눈의 하나 이상의 영상들을 찍기 위한 카메라;
- [0021] 첫 번째 세션 동안 상기 카메라에 의해 찍힌 영상에 근거하여 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 첫 번째 좌표 시스템에서 결정하기 위한 모듈;
- [0022] 상기 첫 번째 세션과 시기적으로 떨어져 배치된 두 번째 세션 동안 상기 카메라에 의해 찍힌 영상에 근거하여 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 두 번째 좌표 시스템에서 결정하기 위한 모듈;
- [0023] 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간에 6 자유도(degrees of freedom)로 눈 이동을 결정하고, 이에 근거하여 좌표 변환을 결정하기 위한 모듈;
- [0024] 상기 결정된 눈 이동에 근거하여 상기 첫 번째 좌표 시스템의 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들을 상기 두 번째 좌표 시스템 내로 변환하기 위한 모듈;
- [0025] 상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 수술 눈 파라미터 및 그 좌표들 그리고 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터 및 그 좌표들에 근거하여 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간의 상기 눈의 적어도 하나의 수술 파라미터 및 그 좌표들의 변화를 정량하고/하거나 가시화하기 위한 모듈을 포함하는, 시기적으로 떨어져 배치되고 그 사이에 환자의 눈이 이동할 수 있는 다회 세션들에 걸쳐 눈의 하나 이상의 수술 파라미터들을 모니터링하기 위한 장치가 제공되며, 상기 수술 눈 파라미터들은 하기 중 하나 이상이다:
- [0026] 환자의 눈에 수술적으로 배치된 임플란트에 근거하는 눈의 임플란트-관련 파라미터들; 또는
- [0027] 각막 또는 연부 또는 공막 절개들의 위치 및/또는 윤곽.
- [0028] 이러한 배열은 수술이 수행된 후에라도 임플란트-관련 눈 파라미터들 또는 절개들의 위치 또는 윤곽과 같은 수술 파라미터들에 임의의 시기적 변화가 있었는지를 확인하기 위해 수술 파라미터들을 모니터링할 수 있도록 한다. 이것은 수술 후 상 동안 수술의 성공 또는 실패를 모니터링하기 위한 중요한 진단 정보이다.
- [0029] 하나의 구현예에 따르면, 상기 임플란트 관련 눈 파라미터는 하기 중 하나 이상을 포함한다:
- [0030] 눈에서 임플란트의 위치 및/또는 배향;
- [0031] 파열의 위치 및/또는 윤곽;
- [0032] 파열 및 임플란트 윤곽의 중첩.
- [0033] 이것들은 경시적으로 수술 결과를 확인하기 위해 이들을 모니터링하는 것이 흥미로운 임플란트-관련 파라미터들의 바람직한 예들이다.
- [0034] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터의 변화를 정량하고/하거나 디스플레이하기 위한 상기 모듈은 하기를 포함한다:
- [0035] 상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터 및 상기 두 번째 세션 동안 찍은 눈의 영상에서 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터를 디스플레이하기 위한 모듈; 및/또는
- [0036] 상기 두 번째 세션 동안 측정된 상기 수술 눈 파라미터 및 상기 첫 번째 세션 동안 측정된 상기 변환된 수술 눈 파라미터 간 차이를 계산하고 상기 두 번째 세션 동안 찍은 상기 눈의 영상에서 상기 차이를 가시화하기 위한 모듈.
- [0037] 이는, 예로 수술 후 변화를 수술 동안 상황과 비교하거나 두 측정들 간의 눈 이동을 보상하는 시점에 두 상이한 수술 후 경우들을 비교함에 의해 경시적으로 수술 눈 파라미터 진행의 비교를 가능케 한다. 두 시점들에 결정된 바와 같은 수술 파라미터(예컨대 임플란트의 위치)는 눈 이동을 보상하면서 이를 영상에 디스플레이하여 직접 가시화할 수도 있고, 또는 차이(예컨대 x -, y - 또는 회전 파라미터들의 차이)를 계산하고 차이만을 영상에 디스플레이할 수도 있다.
- [0038] 하나의 구현예에 따르면, 상기 첫 번째 세션은 수술 전 세션이고 상기 두 번째 세션은 수술 중 세션 또는 수술 후 세션이거나, 또는
- [0039] 상기 첫 번째 세션은 수술 중 세션이고 상기 두 번째 세션은 수술 후 세션이거나, 또는
- [0040] 상기 첫 번째 세션은 수술 후 세션이고 상기 두 번째 세션은 나중에 수행되는 또 다른 수술 후 세션이다.
- [0041] 이들은 세션들 간의 눈 이동에 대해 보상하면서 수술 파라미터들을 비교할 수 있는 상이한 시점들에서의 세션들

의 적합한 예들이다.

- [0042] 하나의 구현예에 따르면, 장치는 하기를 추가로 포함한다:
- [0043] 경시적으로 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터의 변화를 기록하기 위해 경시적으로 다회 세션들 동안 상기 적어도 하나의 수술 눈 파라미터를 측정하고 기록하기 위한 모듈.
- [0044] 이는 수술 눈 파라미터들의 진행의 기록 및 모니터링과, 이에 따라 눈 이동을 보상하여 일관된 좌표 시스템에서 임의의 장기간에 걸쳐 수술 결과의 기록 및 모니터링을 가능케 한다. 이러한 방식으로, 예로 지금까지 가능하지 않았던 수술 기법들의 장기 성공 또는 실패에 관한 연구들을 수행할 수 있다.
- [0045] 하나의 구현예에 따르면, 장치는 추가로 하기를 포함한다:
- [0046] 고리형 광 패턴에 의해 눈을 조명하여 각막 반사들을 생성하기 위한 조명 단위(상기 조명 단위는 바람직하게는 고리의 중심이 카메라의 광학 축과 동축이 되도록 배치됨);
- [0047] 상기 첫 번째 세션 및/또는 상기 두 번째 세션 동안 눈의 영상에서 각막 반사들의 위치를 결정하기 위한 모듈;
- [0048] 상기 첫 번째 세션 및/또는 상기 두 번째 세션 동안 각막 반사들의 상기 결정된 위치에 근거하여 그 위에 실장된 구형 각막을 갖는 구형 안구로서의 눈을 나타내는 기하구조적 모델에 기반한 상기 첫 번째 및/또는 두 번째 좌표 시스템에서 눈의 적어도 하나의 추가 파라미터 및 그 좌표들을 결정하기 위한 모듈;
- [0049] 상기 눈의 적어도 하나의 추가 파라미터를 동일한 영상에서의 상기 적어도 하나의 임플란트 관련 눈 파라미터와 함께 상기 첫 번째 및 상기 두 번째 세션 간의 눈 이동에 근거하여 눈의 이동이 보상되도록 그 좌표들을 변환한 뒤 가시화하기 위한 모듈.
- [0050] 이러한 방식으로 수술 눈 파라미터들이 아닌 추가 눈 파라미터들이 수술 눈 파라미터들에 부가하여 결정되고 모니터링될 수 있다. 이는 또한 세션들 간의 눈 이동에 대해 보상하면서 수술 눈 파라미터들과 함께 추가적으로 가시화될 수 있다.
- [0051] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 파라미터는 구형 안구 및 그 위에 실장된 각막에 의해 눈의 형태 및 위치를 나타내고 구형 형태 또는 타원체 형태를 갖는 눈 모델에 근거하여 결정됨으로써 상기 각막 반사들의 측정된 위치 및 상기 눈 모델을 이용하여 상기 적어도 하나의 추가 파라미터를 계산할 수 있게 된다.
- [0052] 이는 카메라에 의해 찍힌 영상들로부터 직접 측정될 수 없는 눈 파라미터들을 결정하는 적합한 방식이다.
- [0053] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 하기 중 하나 이상을 포함한다:
- [0054] a) 회전 타원체 파라미터들의 측면에서 각막의 형태를 정의하는 k-측정치들;
- [0055] b) 동공 중심 및 기지 위치의 고정점을 연결하는 선으로서의 가시선;
- [0056] c) 각막 방 깊이;
- [0057] d) 눈의 시각 축;
- [0058] e) 눈이 왼쪽 눈인지 오른쪽 눈인지에 대한 결정.
- [0059] 이들은 추가 눈 파라미터들의 적합한 예들이다.
- [0060] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 각막 반사들에 대한 최적 핏의 타원을 결정하고 타원의 장축, 단축 및 배향을 결정하여 측정되는 k-측정치들을 포함한다.
- [0061] 이는 각막의 경사축 및 편평축의 길이뿐만 아니라 비점수차의 배향을 포함하는 비점수차 파라미터들의 결정을 가능케 한다. 최적 핏의 각막구의 직경은 편평축 및 경사축의 평균으로 근사치를 낼 수 있다.
- [0062] 하나의 구현예에 따르면, 상기 장치는 기지 좌표들에서, 바람직하게는 카메라의 광학 축 상의 고정 표적을 추가로 포함하며, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 각막 중심 및 기지의 고정 표적을 연결하는 벡터로서 결정된 시각 축을 포함하고, 여기서 각막 중심은 각막 반사들의 위치에 근거하여 결정된다.
- [0063] 이는 시각 축의 결정을 가능케 한다.
- [0064] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 시각 축 및 동공 축 간의 카파각을 포함하거나, 또는

- [0065] 상기 추가 파라미터는 시각 축 및 각막 표면 간의 교차점이고, 여기서 각막 반경은 상기 각막 반사들의 위치에 근거하여 결정된다.
- [0066] 이는 수술의에 있어 흥미로운 추가 파라미터들의 결정을 허용한다.
- [0067] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 연부 RI의 반경 결정에 근거하여 결정된 전방 깊이를 포함하며, 각막 방 깊이가 $CD = R_c - \sqrt{R_c^2 - RI^2}$ 로 도출되도록 이것을 각막 광 반사들에 근거하여 결정된 반경 R_c 를 갖는 최적 핏의 각막구 상의 위도권으로 가정한다.
- [0068] 전방 깊이는 수술의에 있어 흥미로운 정보이다.
- [0069] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 동공 중심 및 기지 위치의 상기 고정점을 연결하는 벡터로서 결정된 가시선을 포함하며, 동공 중심의 z-좌표는 카메라 및 눈 간의 기지의 거리에 근거하여 결정되고, 동공의 x- 및 y-좌표들은 영상에서 동공 위치의 측정에 근거하여 결정되고/되거나,
- [0070] 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 동공 중심을 통해 진행되는 선이고 각막 표면에 직각인 동공 축을 포함한다.
- [0071] 가시선 및 동공 축은 이러한 방식으로 결정될 수 있다.
- [0072] 하나의 구현예에 따르면, 상기 적어도 하나의 추가 눈 파라미터는 환자가 카메라의 광학 축에 놓인 기지의 고정점을 응시할 때 연부 중심 또는 각막 중심이 카메라의 광학 축에 더 가까운지에 대한 결정을 포함한다.
- [0073] 이는 눈이 왼쪽 눈인지 또는 오른쪽 눈인지에 대한 결정을 가능케 한다. 이는 수술 또는 진단이 잘못된 눈 상에 수행되는 것을 방지하는 안전 기전으로 이용될 수 있다.
- [0074] 하나의 구현예에 따르면, 장치는 추가로 하기를 포함한다:
- [0075] 상기 첫 번째 세션 동안 결정된 상기 적어도 하나 이상의 수술 눈 파라미터들 및 상기 적어도 하나 이상의 추가 눈 파라미터들의 임의 조합 및 가능하게는 상기 첫 번째 및 두 번째 세션 간의 눈 이동이 보상되도록 동일한 영상에 상기 두 번째 세션 동안 결정된 상기 적어도 하나 이상의 수술 눈 파라미터들 및 상기 적어도 하나 이상의 추가 눈 파라미터들의 상이한 임의 조합을 가시화하기 위한 모듈.
- [0076] 이는 상이한 세션들 간의 눈 이동에 대해 보상하면서 관심의 대상인 임의 조합의 임의의 수술 또는 다른 파라미터들을 가시화할 수 있도록 한다.
- [0077] 도면들의 설명
- [0078] 도들 1 내지 15는 본 발명의 구현예들을 예시한다.
- [0079] 상세한 설명
- [0080] 하나의 구현예에 따르면, 하기 중 임의의 둘 간에 경시적으로 눈 수술에 관련된 눈 특성들의 모니터링을 위한 솔루션을 가능케 하는 장치가 제공된다:
- [0081] · 수술 전
- [0082] · 수술 중
- [0083] · 수술 후
- [0084] 하기에서는 공간적 및 굴절 눈 특성들을 "눈 파라미터들"로 나타낼 것이다.
- [0085] 수술 중 측정들에 있어서, 하나의 구현예에 따른 솔루션은 PC에 연결된 현미경 카메라를 필요로 한다.
- [0086] 수술 전 및 후 측정들에 있어서, 하나의 구현예에 따르면 본원에 기재된 솔루션은 정의된 위치에서 환자들의 눈의 고해상 칼라 영상의 포착을 허용하는 십자표 상의 조명 시스템 및 디지털 카메라에 연결된 PC로 구성된 이하에서 '참조 장치'(RD)로 불리는 특정 장치를 이용한다. 하나의 구현예에 따른 장치 및 눈에 연관된 그 용도들도 1에 모식적으로 나타낸다.
- [0087] RD의 조명 시스템은 고리형 조명 패턴을 생성하며, 예로 카메라의 광학 축 상에 주입되는 고정 LED 및 카메라의 광학 축 주위의 LED들의 동심원 고리로 구성될 수 있다. 바람직하게는 LED들의 고리는 카메라의 광학 축과 동축이며, 카메라의 광학 축은 고리 면적에 직각이다.

- [0088] 확보된 영상들은 PC상에서 처리되며 영상 입수 시의 절대적 눈 파라미터들 또는 이전 측정 세션의 참조 영상에 대한 눈 파라미터들의 변화들을 자동으로 또는 수동으로 측정하는데 이용될 수 있다.
- [0089] 하나의 구현예에 따르면, 장치는 눈이 2회 측정 세션들 간에 6 자유도에서 어떻게 이동했는지를 활발히 측정함으로써 측정 세션들 내에 및 간에 서로에 대해 측정된 파라미터들의 공간적 관련성을 결정할 수 있도록 한다.
- [0090] 하나의 구현예에 따르면, 6 자유도에서의 눈 이동은 2회 세션들 간의 공막 혈관 특징들 또는 연부, 홍채 특징들 및 정의된 조명 시스템의 각막 반사들의 등록에 근거하여 측정된다.
- [0091] 하나의 초기(보통 수술 전이지만, 수술 후도 가능함) 참조 측정이 동일한 눈의 모든 후속 측정 세션들(수술 전 또는 후)에 대한 참조 좌표 시스템으로 작용한다.
- [0092] 후속 세션들에서 측정되는 모든 파라미터들은 현재의 측정 및 참조 측정 간 눈 이동에 대해 설명하는 공간적 유사성 변환을 적용하여 참조(또는 반대로) 좌표 시스템으로 변환될 수 있다. 일단 참조 좌표 시스템으로 변환되면, 상이한 측정들로부터의 파라미터들을 비교할 수 있고, 눈 이동의 영향이 배제된다.
- [0093] 하나의 구현예에서 상기 접근은 눈에서의 눈 임플란트들(예로 IOL들)의 위치 및 배향과 같은 파라미터들을 분석하기 위해 사용된다. 이러한 방식으로 측정 세션들 간의 눈 이동량에 대한 정확성이 제한되지 않고 경시적으로 임플란트가 눈에서 얼마나 안정하게 배치되고 배향되는지를 모니터링할 수 있다.
- [0094] 수술 전 참조 측정 세션에서 RD로 측정될 수 있는 전형적인 눈 파라미터들은 다음과 같다:
- [0095] 1) 동공 위치, 형태 및 크기(명소시, 암소시, 박명시)
- [0096] 2) 연부 위치 형태 및 크기
- [0097] 3) K-측정치들
- [0098] 4) 가시선(LOS)
- [0099] 5) 각막 방 깊이의 근사치
- [0100] 6) LOS와 각막 표면 및 카파각의 교차
- [0101] 7) OD/OS 분류
- [0102] 이들 눈 파라미터들은 수술 전 세션에서, 이후 수술 중 또는 수술 후 세션에서 측정될 수 있으며, 이어서 이들의 변화 또는 진행이 경시적으로 결정되고 가시화될 수 있다.
- [0103] 이어서 하나의 구현예에 따르면, 하나의 세션에서 또 다른 세션으로의 눈의 파라미터들의 변환을 가능케 하는 눈 이동은 하기를 측정하여 결정된다:
- [0104] 8) 하기의 측정에 의한 참조 측정에 대한 상대적 눈 이동
- [0105] a) X 및 Y에서의 상대적 변형
- [0106] b) Z에서의 상대적 변형
- [0107] c) 상대적 안구회축(Z축 주위)
- [0108] d) 상대적 기울기(roll) 및 경사(X 및 Y축 주위)
- [0109] 안과 수술 및 임플란트들의 배치에 관련된 다른 파라미터들도 측정될 수 있다.
- [0110] (후속)수술 중 또는 수술 후 측정 세션에서, 하기 눈 파라미터들이 상기 언급된 눈 파라미터들에 추가하여(또는 대신에) 측정될 수 있다:
- [0111] 9) 눈에서 임플란트들의 배향 및 위치
- [0112] a) 눈에서 임플란트 마킹들의 위치(원환체 표시들 또는 다초점 고리들)
- [0113] b) 임플란트들의 회전 배향
- [0114] c) 임플란트들의 기울기 및 경사
- [0115] d) 임플란트 윤곽

- [0116] e) 임플란트 중심의 XY-위치
- [0117] f) 눈에서 임플란트 공막들의 위치
- [0118] 또한, 역시 임플란트들에 관련된 또 다른 유형의 파라미터들, 즉 하기가 측정될 수 있다:
- [0119] 10) 수정체낭에서의 과열, 구체적으로
 - [0120] a) 윤곽
 - [0121] b) 직경
 - [0122] c) 눈에서의 XY 위치
 - [0123] d) 렌즈와의 중첩
- [0124] 대안적인 경우, RD는 각막 및 렌즈 조직 내부를 측정할 수 있도록 하는 추가적인 샤임플러그 또는 간섭계 설정을 포함한다. 이러한 설정에서는 상기 언급된 파라미터들에 부가하여 각막 절개들이 눈에서의 위치, 폭 및 깊이 뿐만 아니라 임플란트의 각막에 대한 거리의 관점에서 측정될 수 있다.
- [0125] 두 번째 대안적인 경우, RD는 또한 각막의 각막만곡도를 분석할 수 있도록 하는 플라시도 고리 조명을 포함한다. 이러한 설정에서, 예로 라식 레이저 치료 전 및 후에 각막 각막만곡도의 정확한 변화들이 평가될 수 있다. 각막만곡도 데이터에 공간적 유사성 변환을 적용함으로써, 각막만곡도 데이터가 정확히 정렬되고 각막의 각막만곡도에서의 변화들이 정확히 계산되도록 할 수 있다.
- [0126] 세 번째 대안적인 경우, RD는 또한 눈의 전체 굴절을 분석할 수 있도록 하는 웨이브프론트 분석기(Hartmann-Shack-Sensor)를 포함한다.
- [0127] 또 다른 대안적인 경우, RD로부터의 영상 등록이 다른 전용 눈 진단 장치들로 수행되어 이들 장치들에 의해 측정되는 전용 파라미터들을 RD에 의해 제공되는 참조 좌표 시스템으로 변환할 수 있다. 이 경우, 이들 추가적인 공간적 눈 파라미터들의 변화들이 또한 RD에 의해 제공되는 일관된 참조 좌표 시스템에서 경시적으로 모니터링될 수 있다.
- [0128] 하기 구현예들에서, 본 발명에 따른 장치(참조 장치)가 기재되고 그 작동 및 기능이 설명될 것이다.
- [0129] 하나의 구현예에 따른 장치의 주요 기능은 다음을 위한 것이다:
 - [0130] · 상이한 측정 세션들에서 다수의 눈 파라미터들 또는 파라미터 세트들을 측정함.
 - [0131] · 측정 세션들 간의 눈 이동을 결정함.
 - [0132] · 공간적 유사성 변환을 적용하여 각각의 눈 파라미터 또는 파라미터 세트를 초기 참조 측정에 의해 정의된 참조 좌표 시스템으로 변환함.
 - [0133] · 수술 전, 중, 및 후 측정 세션들 간의 눈 파라미터들 또는 눈 파라미터 세트들의 변화들을 정량하고 디스플레이함.
 - [0134] · 수술 계획 및 수술 후 결과 간의 차이들을 정량하고 디스플레이함.
- [0135] 하나의 구현예에서, 눈 파라미터들은 일반 눈 모델을 이용한 영상 처리를 조합하여 측정된다. 예를 들어 하나의 구현예에 따르면, 모델은 구로서의 안구와 그 위에 실장된 역시 구형(또는 하나의 구현예에서는 타원체 형태를 가짐)의 각막을 나타낸다. 이러한 눈 모델의 사용은 영상에서 직접 보이지 않는 각막 방 깊이와 같은 특성들을 간접적으로 측정할 수 있도록 한다.
- [0136] 이제 구현예들에 따라 눈 파라미터들이 어떻게 결정되고 검출된 눈 이동을 이용하여 하나의 세션에서 다른 세션으로 어떻게 변환될 수 있는지를 설명할 것이다.
- [0137] 1) 동공 위치, 형태 및 크기(명소시, 암소시, 박명시)
- [0138] 동공 검출은 전통적인 영상 처리 업무이다. 본원에서는 전통적 역치 기반 접근이 이용된다. 조명 강도를 변화시켜, 환자의 동공을 명소시, 암소시 및 박명시 상태(동공 크기 변화들)가 되게 할 수 있다.
- [0139] 2) 연부 위치 형태 및 크기

- [0140] 동공 검출에 대해서와 유사하게, 연부 가장자리 검출 및 원형 핏을 이용한 표준 접근이 본원에서 이용된다.
- [0141] 3) K-측정치들:
- [0142] k-측정치들은 단축(안과학에서의 경사축), 장축(안과학에서의 편평축) 및 축 배향으로 회전 타원체 파라미터들의 측면에서 각막의 형태를 정의한다. 또한 본원에서 하나의 구현예에서, RD의 LED들의 동축 고리의 각막 반사들을 검출하여 널리 공지된 각막계측 접근이 적용되고 있다. 이들 반사들 내의 최적 핏의 타원이 k-측정치들의 파라미터들을 제공한다.
- [0143] 4) 가시선(LOS)
- [0144] 가시선은 고정점을 눈의 입장 동공의 중심과 연결한다. RD는 눈에 대해 정의된 거리 Z_p 로부터의 영상을 찍는다. 설계에 의해 카메라의 영상화 기하구조뿐만 아니라 카메라의 투사 중심에 대한 고정 표적의 위치가 알려진다. 따라서 동공은 그 좌표들 X_p , Y_p 및 Z_p 로 3차원으로 측정될 수 있다. 입장 동공 및 고정 표적을 연결하는 3d 벡터가 LOS를 제공한다. 이를 도 2에 모식적으로 나타낸다.
- [0145] 5) 각막 방 깊이의 근사치
- [0146] 각막 표면을 모사하는 최적 핏의 구의 반경 R_c 는 k-측정치들로부터 결정되는 바와 같은 편평축 및 경사축의 평균이다. 반경 R_I 를 갖는 연부가 반경 R_c 를 갖는 최적 핏의 각막구 상의 위도권이라고 가정하여, 각막 방 깊이 CD의 근사치가 $CD = R_c - \sqrt{R_c^2 - R_I^2}$ 에 의해 도출될 수 있다. 이를 도 3에 모식적으로 나타낸다.
- [0147] 6) LOS 또는 시각 축과 각막 표면의 교차점
- [0148] 교차점은 각막 인레이들의 임플란트 및 레이저 치료들의 중심 조정을 위한 유효 참조점이다. 이는 최적 핏의 각막구를 LOS와 교차시켜 근사될 수 있다.
- [0149] 상기 구의 중심의 측면 좌표들 X_c 및 Y_c 는 LED들 고리의 각막 반사들의 중심에 의해 잘 근사된다. 구 중심의 Z 좌표는 $Z_c = Z_p - CD + R_c$ 로 모델링된다.
- [0150] 단순 벡터 기하를 이용하여 LOS 및 그 중심 $[X_c, Y_c, Z_c]$ 및 그 반경 R_c 에 의해 정의된 구 간의 교차점이 계산될 수 있다.
- [0151] 상기 교차점은 또한 함축적으로 종종 언급되는 카파각 또는 람다각에 대한 표시이다. 문헌에서, 카파각은 동공 중심 $[X_p, Y_p, Z_p]$ 을 각막 중심 $[X_c, Y_c, Z_c]$ 으로 연결하는 동공 축(PA) 및 시각 축(VA, 하기 섹션의 정의를 참고하라) 간의 각을 나타낸다. 따라서 PA는 각막 표면에 수직이다. 이것과 그 결정을 도 4에 나타낸다. 하나의 구현예에서, PA의 결정은 하기와 같이 수행된다:
- [0152] 1. 영상에서 동공 중심을 검출하여 동공 XY를 얻음
 - [0153] 2. 각막 반사들을 검출함
 - [0154] 3. CR들에서 각막 중심 XYZ 및 각막 반경을 계산함
 - [0155] 4. 영상에서 연부 크기를 검출함
 - [0156] 5. 연부 크기 및 각막 반경을 이용하여 전방 깊이를 계산함
 - [0157] 6. 전방 깊이 및 각막 중심 XYZ를 이용하여 동공 Z를 계산함
 - [0158] 7. PA는 동공 XYZ 및 각막 중심 XYZ를 통하는 벡터임
- [0159] VA의 객관적 측정이 쉽지 않으므로 종종 LOS가 대신 사용되며, 그 결정은 위에 이미 기재되었다. PA 및 LOS 간의 각을 문헌에서 람다각으로 나타낸다(도 5 참고). 실용적인 관점에서, 람다 = 카파이다(0.2° 까지).
- [0160] 그러나 하나의 구현예에 따르면, 실제 시각 축이 결정될 수 있다. 이 목적을 위해, 하나의 구현예에서 각막 중심이 첫 번째 결절점과 매치된다고 가정한다. 이어서 시각 축이 고정점 및 각막의 중심을 연결하는 선으로 결정될 수 있다. 이를 도 6에 나타낸다. 이어서 도 7은 카파각의 결정을 나타낸다. 하나의 구현예에서, 결정은 하기 단계들을 이용하여 수행될 수 있다:
- [0161] 1. 각막 반사들을 검출함
 - [0162] 2. CR들에서 각막 중심 XYZ 및 각막 반경을 계산함

- [0163] 3. 각막 중심 = 첫 번째 결절점이라는 모델 가정을 이용함
- [0164] 4. 고정 표적의 주어진 XYZ 좌표들을 이용함
- [0165] 5. VA는 1번째 결절점 XYZ 및 고정 표적 XYZ를 통하는 벡터임
- [0166] 7) OD/OS 분류:
- [0167] RD를 이용하여 확인된 영상들로부터 도출될 수 있는 또 다른 파라미터는 현재의 영상이 왼쪽 눈 또는 오른쪽 눈을 나타내는지에 대한 것이다. 상기 파라미터는 이용성 목적들 및 거시적인 오류 방지를 위한 다소 흥미로운 것이다.
- [0168] 문헌에서는 시각 축(VA)(고정점과 와를 눈의 첫 번째 및 두 번째 결절점을 통해 연결하는 광선)이 눈의 광학 축(OAE)에 비해 비강측으로 기울어 있다는 것이 잘 알려져 있다(하기 영상 참고). OAE 및 VA 간의 각은 문헌에서 알파각으로 불리며 약 5°의 크기를 갖는다.
- [0169] OAE는 눈의 굴절 표면들에 대한 최적 핏의 구들의 곡률 중심들을 통하는 최적 핏의 선이다. 굴절 표면들은 각막의 전면 및 후면 그리고 렌즈의 전면 및 후면이다.
- [0170] 카메라 영상에서 환자 눈의 중심을 조정하고 환자에게 표적을 응시하도록 요청함으로써 환자가 VA를 카메라의 광학 축(OAC)으로 대략 정렬한다. 그에 따라 OAE는 OAC에 대해 약 5°의 각을 갖는다.
- [0171] 각막 반사(들)의 중심은 OAE의 정의 상 OAE에 놓이거나 이에 매우 가까이 놓인 각막 중심 영상 위치의 매우 우수한 근사치와 유사하다.
- [0172] 본 구현예에서 이용되는 새로운 측면은 연부 축(LA)으로 불릴 연부 중심과 각막 중심을 연결하는 축이 또한 비강측을 향한 VA의 기울어짐을 정량하기 위한 매우 믿을 수 있고 안정한 참조를 제공한다. 각막 중심 및 연부 중심에 기반한 OD/OS 분류는 다음의 이유로 믿을 만하다:
- [0173] · 환자가 응시하여 VA를 OAC로 정렬한다.
- [0174] · 각막 중심 및 연부 중심이 모두 LA 상에 그리고 OAE에 매우 가까이 놓인다.
- [0175] · 연부 중심은 항상 각막 중심보다는 카메라에 가까이 있다.
- [0176] · VA는 비강측을 가리킨다.
- [0177] 이를 도 8에 나타낸다.
- [0178] 카메라 영상에서 각막 중심은 왼쪽 눈에 대해서는 연부 중심의 왼쪽에 그리고 오른쪽 눈에 대해서는 연부 중심의 오른쪽에 보이는 것으로 나타난다. 이를 도 9에 나타낸다.
- [0179] 하기에서는 하나의 구현예에 따라 눈 이동이 어떻게 측정되고 좌표 변환이 어떻게 결정되는지에 대해 다소 상세히 설명될 것이다.
- [0180] 하나의 구현예에 따르면, 6 자유도에서 참조 측정에 대한 상대적 눈 이동이 결정된다.
- [0181] 이는 수 분, 수 일, 수 개월 또는 수 년 떨어져 있을 수 있고 상이한 진단 장치들 상에서 수행될 수 있는 상이한 측정 세션들 동안 취한 측정들 간 연관을 위한 근거이다. US 7,600,873 B2는 6 자유도에서 눈 이동을 회수하기 위해 공막 혈관들, 동공, 연부, 홍채 특징들 및/또는 각막 반사들과 같은 눈 특징들을 어떻게 이용하는지를 교시한다.
- [0182] 6가지 회수된 파라미터들(X,Y,Z에서의 변형들 및 X,Y 및 Z-축들 주위의 회전들)은 눈 상이나 눈 내에서 임의의 도출된 좌표들에 적용될 수 있는 변환-공간적 유사성 변환-을 기재한다. 하나의 구현예에서, US 7,600,873 B2에 기재된 바와 같은 동일한 특징 기반 접근이 이용된다.
- [0183] 상기에서, 눈의 형태 또는 위치 또는 그 광학 특성들에 관련된 눈 파라미터들이 고리 형태 조명원의 각막 반사들 및 눈의 영상 및 기하구조적 모델에 의해 눈 자체가 나타내는 눈 모델을 이용하여 결정되는 구현예들이 기재되었다. 직접 결정된 각막 반사들에 부가하여, 하나 이상의 이러한 "추가" 눈 파라미터들은 눈 모델: 결정된 카메라 설정, 조명원을 이용하여 결정되며, 일부 구현예들에서는 기지의 고정점을 또한 포함한다. 이들 파라미터들은 다회 세션들에 걸쳐 결정되어 6가지 차원들에서의 눈의 이동 결정에 기반하는 좌표 변환을 이용함으로써 상이한 세션들 간에 경시적으로 이들 파라미터들의 변화를 모니터링하고 기록한다. 기재된 "눈의 추가 파라미터

들"은 측정 세션에서 단독으로 또는 임의 조합으로 측정될 수 있음이 주지되어야 한다.

- [0184] 추가 수술 눈 파라미터들, 예로 임플란트들에 관련된 눈 파라미터들, 예컨대 임플란트의 배향 및/또는 위치가 결정되는 구현예들이 이제 기재될 것이다. 이들 파라미터들은 이전에 기재된 "추가 눈 파라미터들"에 부가하여 측정되거나 또는 하나의 세션 동안 단독으로 또는 이들에 대안적으로 측정될 수 있다. 앞서 기재된 "추가 눈 파라미터들"과 마찬가지로, 이들 임플란트 관련 파라미터들은 시기적으로 떨어져 배치되고 그 사이에 환자-및 눈-이 전형적으로 이동한 다회 세션들 동안 측정된다. 또한 이들 "임플란트-관련 파라미터들"에 있어서, 6 자유도에서 상이한 세션들 간의 눈의 이동이 결정되어 측정된 파라미터들을 다회 세션들에 걸쳐 일관되는 일관된 좌표 시스템으로 변환할 수 있도록 하는 변환을 수득한다. 이어서 이는 의사에게 매우 중요한 정보인 이들 임플란트 관련 파라미터들이 경시적으로 어떻게 변화하는지를 비교하고 모니터링할 수 있게 한다. 이러한 목적을 위해, 이들 파라미터들은 이전 세션들에서 결정된 바와 같이 이들의 대응 임플란트-관련 파라미터들 또는 "추가" 비임플란트 관련 파라미터들과 비교될 수 있다. 비교될 상이한 세션들의 파라미터들(임플란트 비관련 파라미터들, 임플란트 관련 파라미터들 또는 이들 둘의 임의 조합)은 상이한 세션들 간의 눈의 이동의 효과를 보상하거나 배제하는 일관된 좌표 시스템에서 의사가 이들 파라미터들의 진행을 경시적으로 판단할 수 있도록 하는 눈 이동 결정에 의해 수득되는 좌표 변환을 이용하여 동일한 영상 내에서 가시화될 수 있다.
- [0185] 결정될 수 있는 다른 수술 눈 파라미터들은, 예로 각막 또는 연부 또는 공막 절개들의 위치 및/또는 윤곽이다. 이들 파라미터들은 임플란트와 관련성을 가질 수 있지만(따라서 일부 구현예들에서 "임플란트-관련 파라미터들"일 수 있음), 예로 임플란트들이 배치되지 않고 절개들이 수행되는 LRI(연부 이완 절개)와 같은 수술 기법들도 존재한다. 이러한 수술 기법들에 있어서, 각막 또는 연부 또는 공막 절개들의 위치 및/또는 윤곽과 같은 관련 파라미터들이 다회 세션들에 걸쳐 결정될 수 있다.
- [0186] 하기에 임플란트-관련 눈 파라미터들이 결정되는 구현예들이 기재될 것이다. 하나의 구현예에서, 임플란트 관련 눈 파라미터들은 두 카테고리들 중 하나에 속할 수 있는데, 첫 번째 카테고리는 눈에서 임플란트의 위치 및/또는 배향이고, 두 번째 카테고리는 과열의 위치 및/또는 배향에 관련된다.
- [0187] 또한 둘 다, 예를 들어 과열의 위치 및 렌즈 임플란트의 위치 또는 형태가 조합될 수 있다.
- [0188] 하기에 일부 구현예들이 보다 상세히 기재될 것이다.
- [0189] 눈에서 임플란트들의 배향 및/또는 위치를 측정하는 첫 번째 일부 구현예들이 기재될 것이다.
- [0190] a) 눈에서 임플란트 마킹들의 위치(원환체 표시들 또는 다초점 표시들)
- [0191] 원환체 IOL들 또는 다초점 IOL들과 같은 상이한 눈 임플란트들은 독특한 마커들을 갖는다. 하나의 구현예에 따르면, 이들 마커들은 영상 처리 기법들, 예로 가장자리 검출 및/또는 템플릿 기반 특징 검출을 이용하여 자동으로 검출된다. 기본적으로 상기 방식으로 인레이 또는 임플란트 상부 또는 내부의 모든 인위적인 특징이 검출될 수 있고 눈에서 이들의 측면 위치가 경시적으로 모니터링될 수 있다.
- [0192] 원환체 IOL들의 경우, 예로 마킹들은 원환체 렌즈의 경사축 또는 편평축을 나타내는데, 이들은 수술의에 의해 눈에서 렌즈를 정확히 정렬하기 위해 사용된다. 다초점 IOL들의 경우, 수술의에 의해 렌즈를 측면 배치하는데 사용되는 렌즈에서의 동심원 고리들은 가시적이다. 도 10은 눈 영상에서 이들 마킹들과 이들의 결정을 나타낸다.
- [0193] b) 임플란트들의 안구회축 배향
- [0194] 상기 언급된 바와 같이, 원환체 IOL의 안구회축 배향은 IOL의 편평축, 경사축 또는 임플란트축과 유사한(유형에 따라) 렌즈 상의 원환체 표시들을 검출하여 회수될 수 있다. 이를 또한 원환체 렌즈의 경사축 또는 편평축에 걸쳐 놓이고 이들 마킹들의 위치에 근거하여 결정된 축에 의해 도 10에 나타낸다.
- [0195] c) 임플란트들의 기울기 및 경사 배향
- [0196] 임플란트(예를 들어 IOL)의 정확한 형태 및 굴절은 알려져 있다. 하나의 구현예에 따르면, 이는 임플란트의 기울기 및 경사를 결정하는데 사용되는 눈에서의 IOL의 기울기, 경사 배향 및 측면 위치를 회수하기 위한 모델 기반 선 추적 접근을 허용한다.
- [0197] RD의 기지의 동축 조명 시스템은 도 11에 나타난 바와 같이 IOL의 앞쪽 및 뒤쪽에 반사들을 생성한다(세 번째 및 네 번째 수준의 푸르키네 영상들). 렌즈가 기울거나 경사지게 되면 세 번째 및 네 번째 수준의 푸르키네들은 서로에 대해 이동할 것이다. 세 번째 및 네 번째 수준의 푸르키네들이 겹치는 특수한 경우, IOL의 광학 축은 카

메라의 광학 축과 함께 정렬된다. 세 번째 및 네 번째 수준의 푸르키네 영상들의 위치들을 이용하여, 예로 ["Reproducibility of intraocular lens decentration and tilt measurement using a clinical Purkinje meter", Yutaro Nishi 등, J Cataract Refract Surg 2010; 36:1529-1535 Q 2010 ASCRS 및 ESCRS]에 기재된 바와 같은 접근을 이용하여 임플란트의 기울기 및 경사를 결정할 수 있다. 본 텍스트에서는 세 번째 및 네 번째 수준의 푸르키네 반사들에 기반한 안내 렌즈의 배향 결정을 나타내는 도 12도 참조된다. 카메라 축과 동축인 원형 조명이 적용되기 전 참조 장치의 사용에서와 마찬가지로이다. 이어서 하나의 구현예에서 배향 결정 방법은 하기 단계들을 포함할 수 있다:

[0198] 1. 세 번째 푸르키네 중심을 검출함

[0199] 2. 네 번째 푸르키네 중심을 검출함

[0200] 3. 곡률 전방 및 후방 중심들 간 거리 = DCC를 포함하는 IOL 형태 정보를 이용함

[0201] 4. 세 번째 및 네 번째 푸르키네 중심들 간 거리, 카메라 파라미터들 및 DCC를 이용하여 렌즈의 광학 축을 회수함.

[0202] d) 임플란트 윤곽

[0203] 임플란트 윤곽은 홍채 조직에 의해 차단되지 않는 경우 RD 영상들에서 뚜렷하게 볼 수 있다. 차단되지 않은 부분들은 가장자리 검출과 같은 표준 영상 처리 기법들로 회수될 수 있다. 하나의 구현예에서 검출된 윤곽 부분들 또는 검출된 임플란트 마킹들에서 인레이의 기지의 가장자리 형태 모델을 핏팅함으로써 인레이 윤곽의 차단된 부분들을 회수하는 것도 가능하다. 이를 도 13에 나타낸다.

[0204] e) 임플란트 중심의 XY-위치

[0205] 임플란트의 형태가 알려져 있으므로, 다양한 기법들을 이용하여 임플란트 중심의 측면 위치를 회수할 수 있다. 하나의 구현예에 따르면, c)에 기재된 중심 또는 선 추적 접근을 회수하기 위해 임플란트 윤곽을 이용하는 임플란트 표시들의 위치 검출이 이용될 수 있다.

[0206] f) 눈에서 임플란트 공막들의 위치

[0207] 하나의 구현예에 따르면, 공막들을 검출하기 위해 임플란트 윤곽에 대한 것과 동일한 접근이 채용된다. 공막들은 잘 정의된 형태를 가지며, 기본적으로 임플란트 윤곽의 일부이다.

[0208] 이제 임플란트 관련 파라미터가 파열에 관련되는 일부 구현예들이 기재될 것이다.

[0209] g) 윤곽

[0210] 가장자리 검출 기법들의 이용으로 RD 영상들에서 뚜렷하게 가시적인 파열을 회수할 수 있다. 대안적으로 이는 파열 윤곽을 가장 잘 모사하는 다각형을 수동으로 선택하여 측정될 수도 있다. 파열 윤곽을 도 14에 나타낸다.

[0211] h) 직경

[0212] 직경은 원 또는 타원의 파열 윤곽 내로의 최소 제곱법에 의해 검색될 수 있다.

[0213] i) 눈에서의 XY 위치

[0214] 하나의 구현예에 따르면, 파열의 XY 위치는 파열 윤곽 내로의 최적 핏의 원 또는 타원의 중심으로 정의되고 결정될 수 있다.

[0215] j) 렌즈와의 중첩

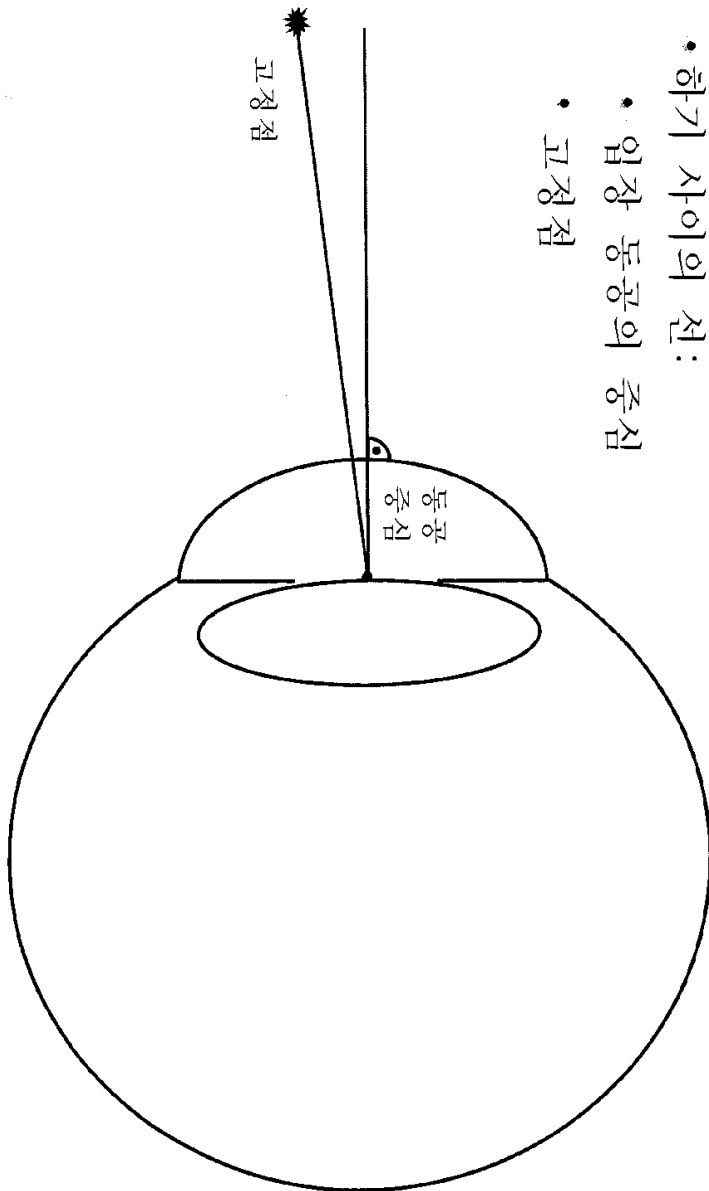
[0216] 파열 윤곽과 렌즈 윤곽의 겹침. 렌즈 임플란트의 윤곽 내부 영역 및 파열 윤곽의 외부 영역이 중첩이다. 이를 도 15에 나타낸다. 이것은 렌즈 임플란트가 눈에서 얼마나 안정한지를 결정하기 위한 중요한 척도이다. 한 쪽에서의 중첩이 너무 작아지면 임플란트가 불안정해질 가능성들이 있다.

[0217] 상기에서 몇몇 장점들과 함께 본 발명의 일부 구현예들이 기재되었다.

[0218] 예로 초기 참조 프레임(또는 세션들 중 하나에서 선택된 어떠한 임의의 참조 프레임)에 대해 모든 측정들을 공간적으로 변환할 수 있게 됨으로써 잠재적인 눈 이동으로 인한 모든 영향을 배제할 수 있고 모든 측정 파라미터들이 참조 프레임에 대해 표준화될 수 있다.

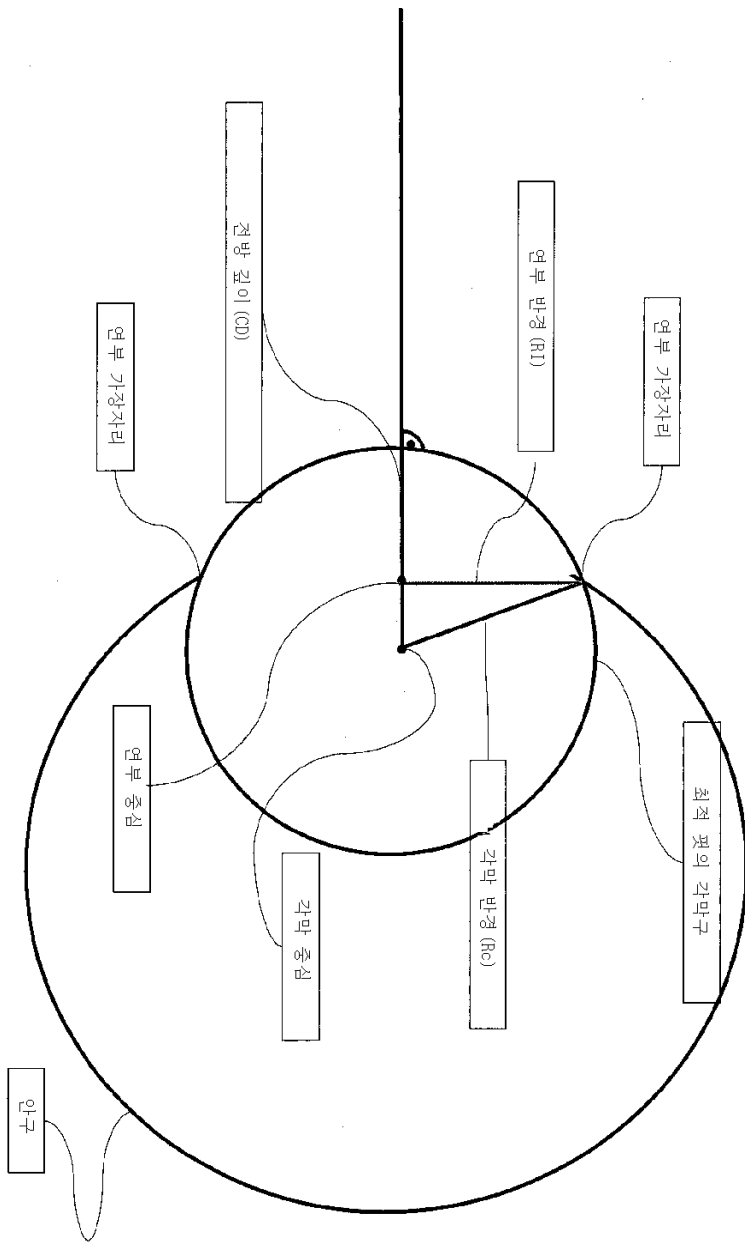
[0219] 이는 모든 측정된 눈 파라미터들의 연속적인 모니터링을 허용한다. 모든 다회 세션의 진단 데이터 수집 시험들

도면2



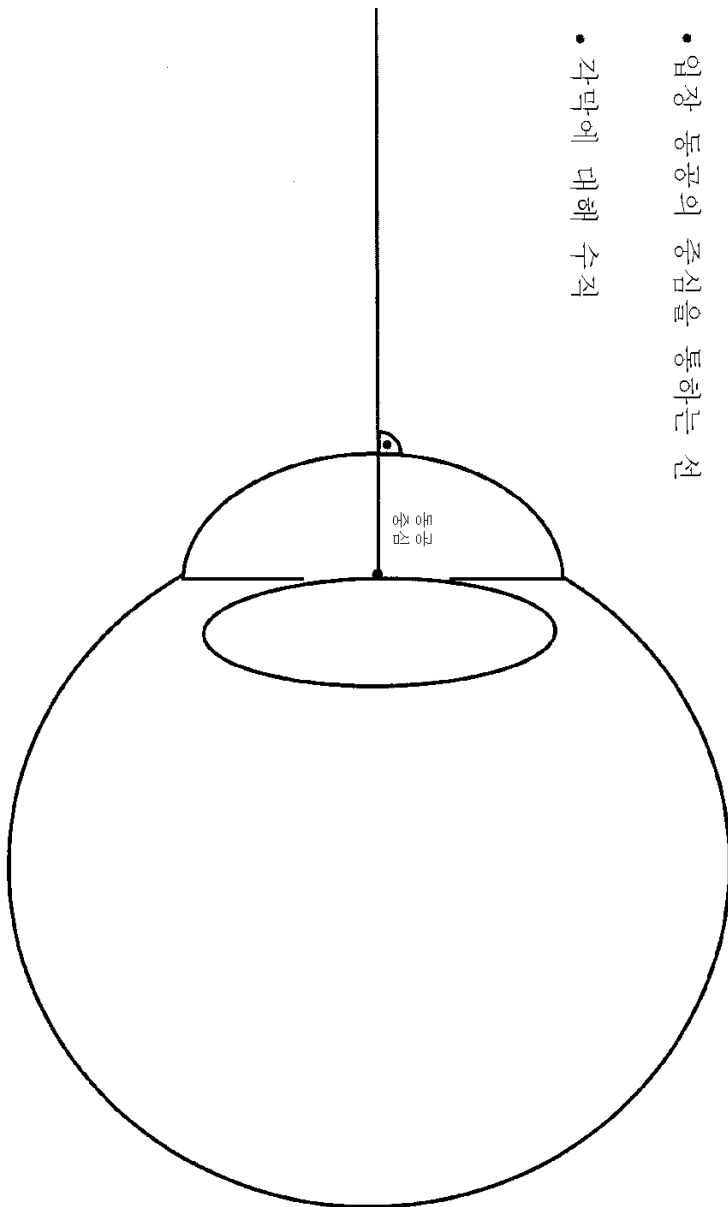
카시선

도면3



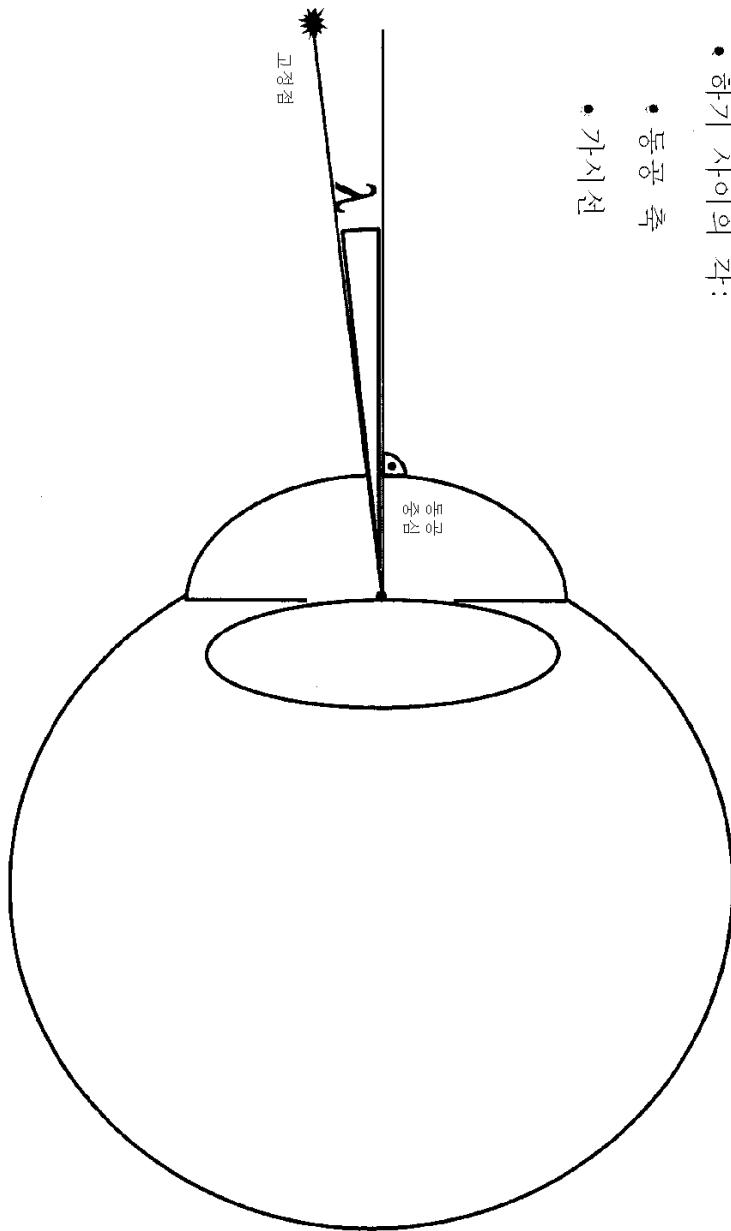
전방 갱이(CD)

도면4



동공 축

도면5

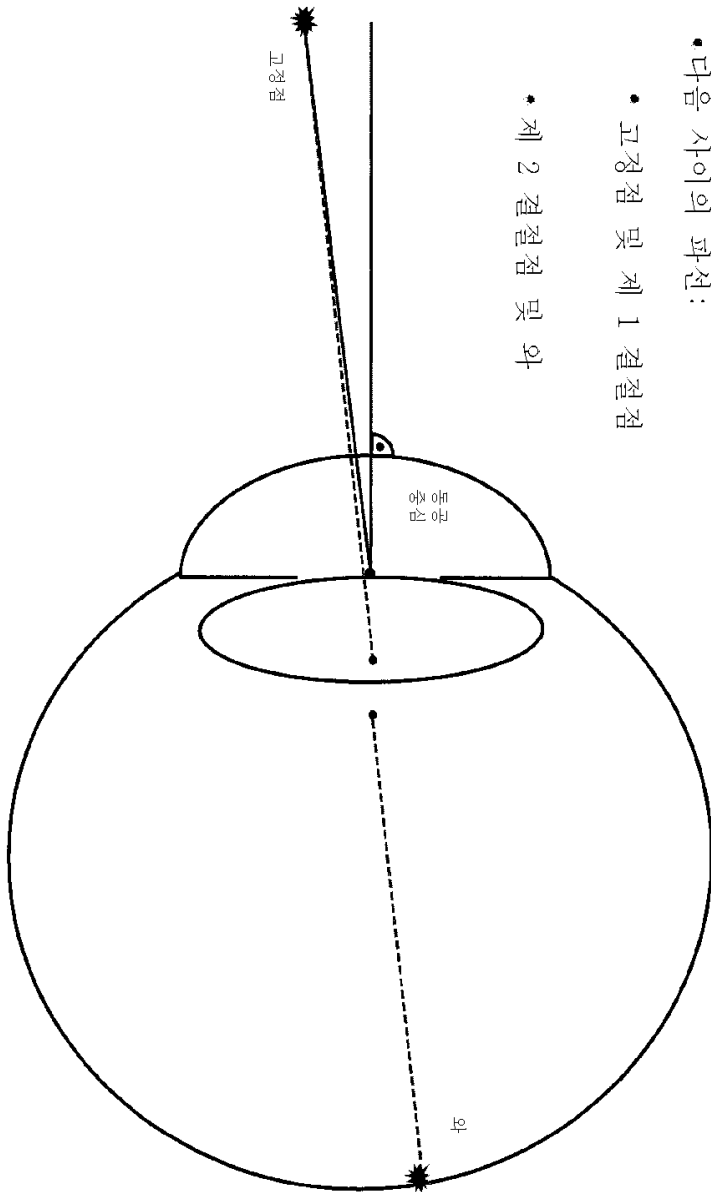


람다각

• 하기 사이의 각:

- 동공 축
- 가시선

도면6



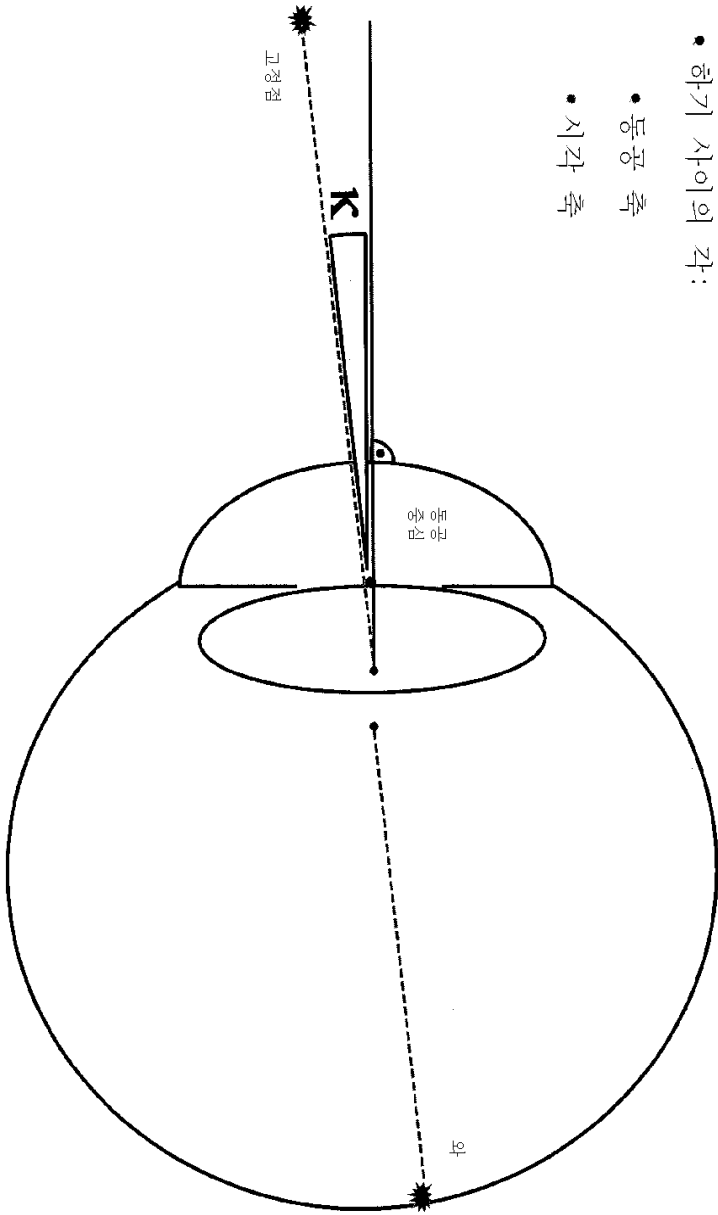
• 계 2 결합점 및 와

• 고정점 및 계 1 결합점

• 다음 사이의 과정:

시각축

도면7



• 하기 사이의 각:

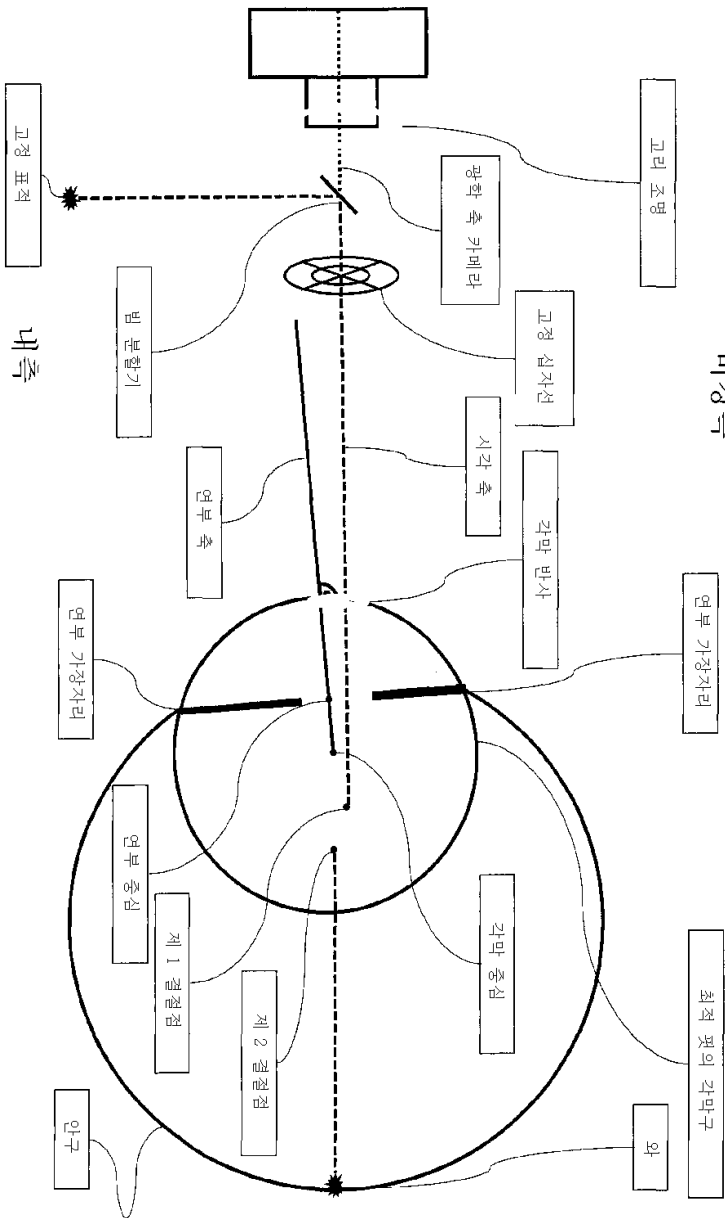
• 동공 축

• 시각 축

카파각

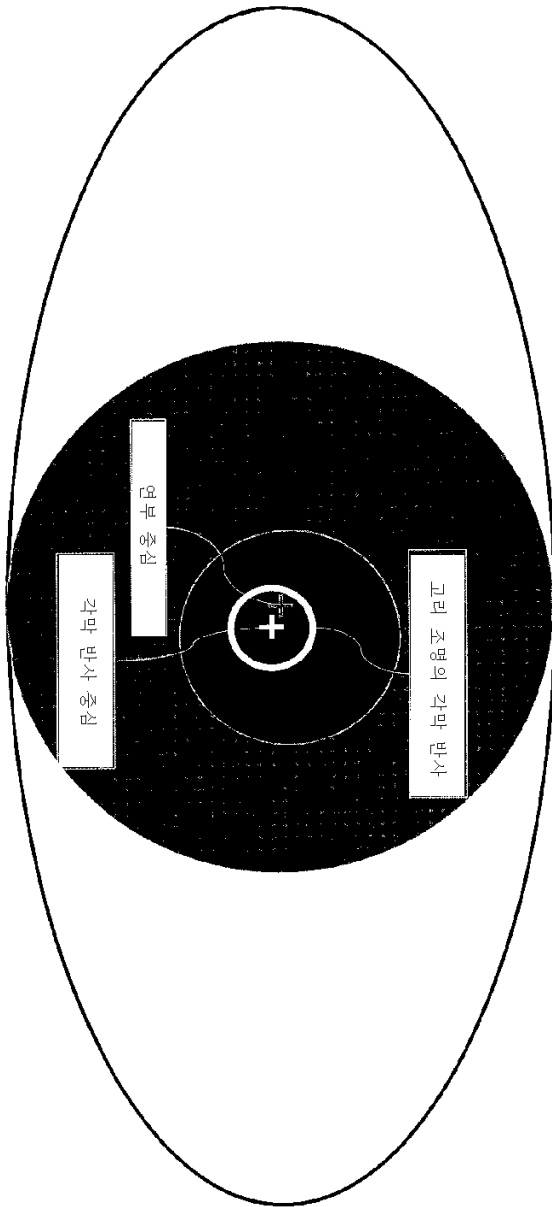
OD/OS 분류: 주관적 시각 축 정렬을 이용한 시스템 설정
 환자가 고정 표적 및 십자선을 정렬해야 함

비강측



도면8

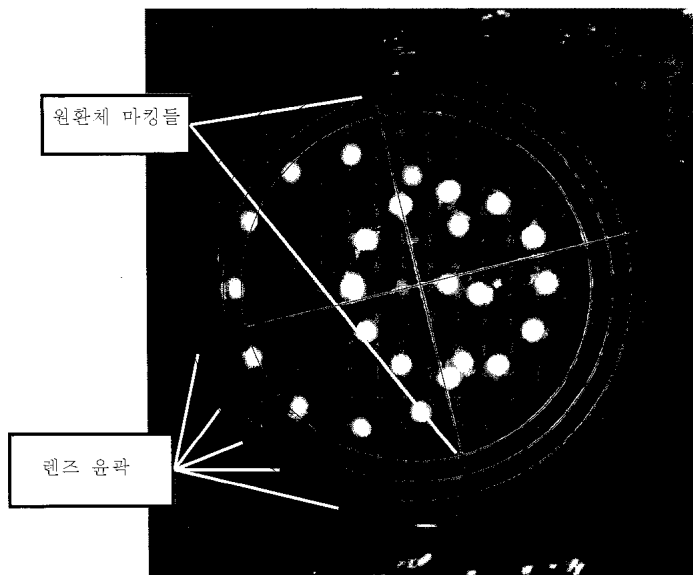
도면9



오른쪽 눈: 연부 중심 부분의 각마 반사
사건 부분의 각마 반사

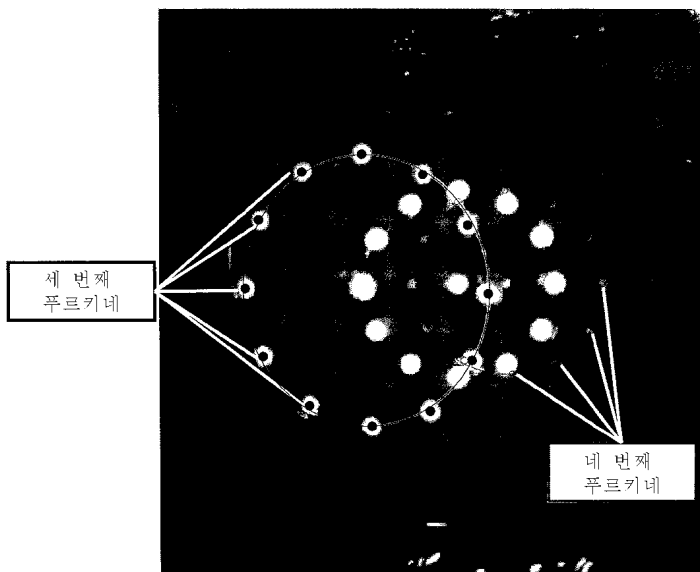
도면10

IOL 배향 & 위치:

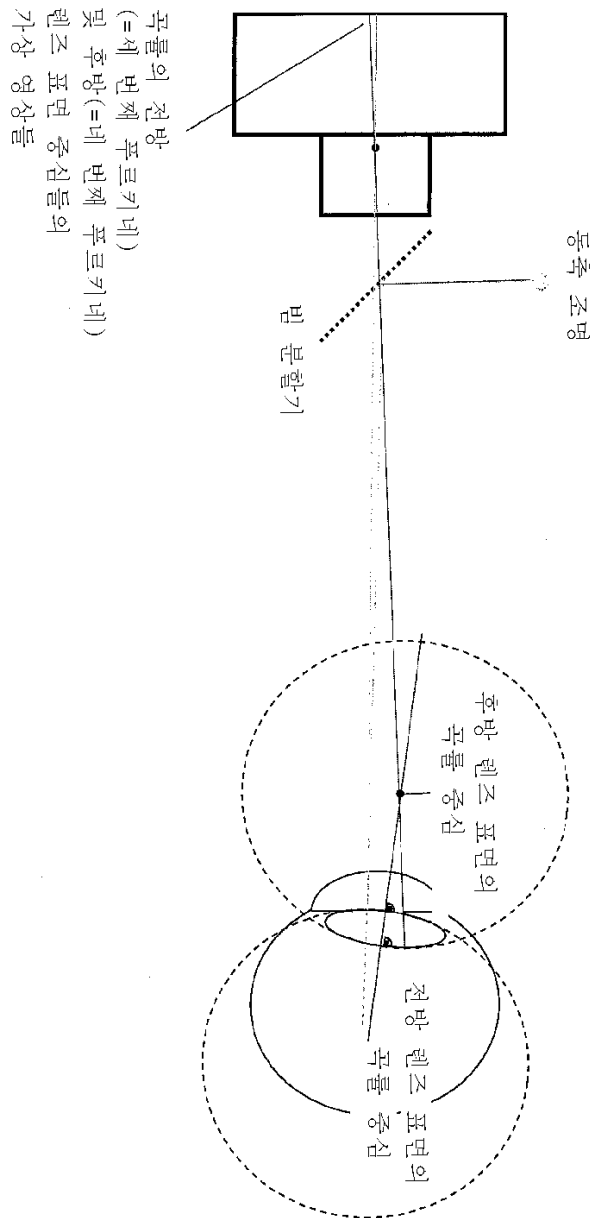


도면11

IOL 광학 축:

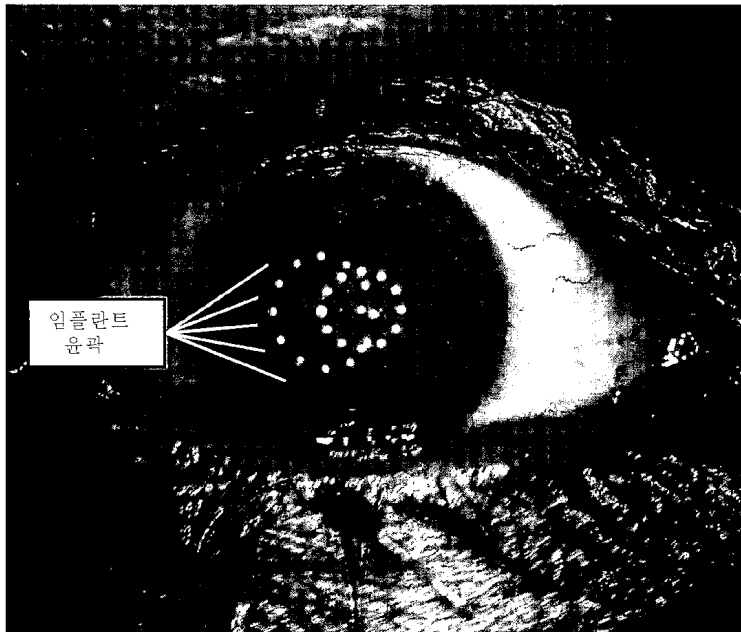


도면12



도면13

임플란트 윤곽



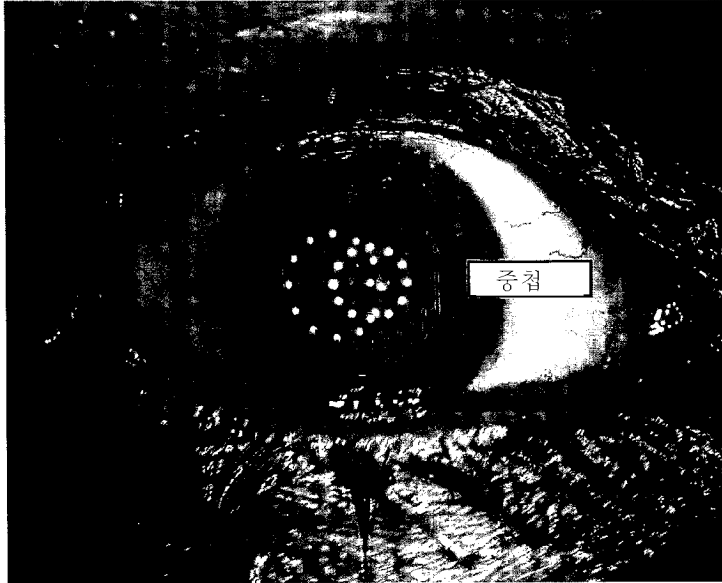
도면14

수정체 파열 윤곽



도면15

과열 및 임플란트 중첩



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 13항 2라인

【변경전】

상기 고정점

【변경후】

고정점