(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0131728
(43) 공개일자 2023년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61F 2/14 (2006.01) *A61B 3/10* (2006.01)
A61B 3/107 (2006.01) *G06T 15/00* (2006.01)
G06T 3/60 (2006.01) *G06T 7/60* (2017.01)
(52) CPC특허분류
A61F 2/142 (2013.01)
A61B 3/102 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0028999
(22) 출원일자 2022년03월07일
심사청구일자 2022년03월07일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
정웅규
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
안유진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인지원

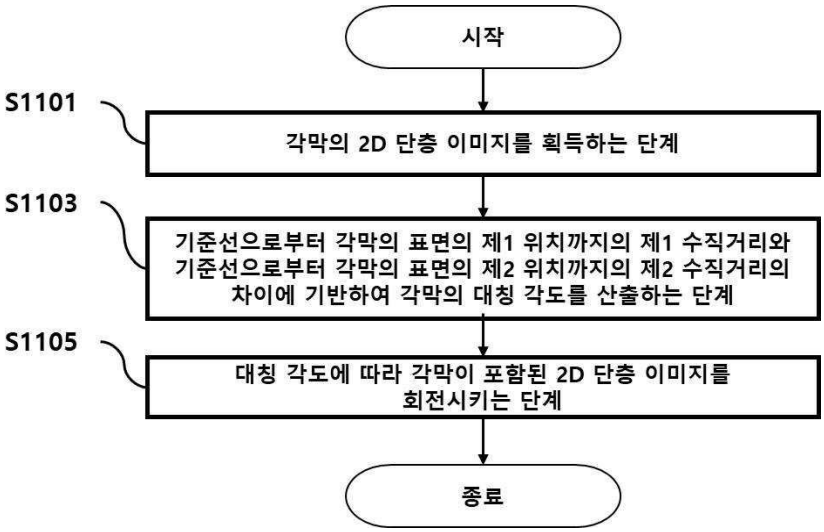
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법은, (a) 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득하는 단계; (b) 기준선(baseline)으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 기준선으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 상기 각막의 대칭 각도를 산출하는 단계; 및 (c) 상기 대칭 각도에 따라 상기 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시키는 단계;를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도11



(52) CPC특허분류
A61B 3/107 (2013.01)
G06T 15/00 (2013.01)
G06T 3/60 (2013.01)
G06T 7/60 (2013.01)
A61F 2240/004 (2013.01)

(72) 발명자
김상우
울산광역시 남구 문수로409번길 20
문수로아이파크1단지 107동 502호
정재현
서울특별시 서대문구 홍제천로 136 연희파크푸르지오 101동 1003호
임준우
인천광역시 연수구 옥련로 33 현대1차아파트 101동 1211호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711137934
과제번호	202011B18
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	시장친화형글로벌경쟁력확보제품개발
연구과제명	다중모드 광영상 기반 지능형 디지털병리기기 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1465032793
과제번호	HP20C0032030021
부처명	보건복지부
과제관리(전문)기관명	한국보건산업진흥원
연구사업명	보건의료연구개발사업
연구과제명	바이오이미징 및 AI를 활용한 항노화평가법 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	피엔케이피부임상연구센타(주)
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득하는 단계;

(b) 기준선(baseline)으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 기준선으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 상기 각막의 대칭 각도를 산출하는 단계; 및

(c) 상기 대칭 각도에 따라 상기 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시키는 단계;

를 포함하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 각막의 회전 각도에 대한 상기 각막의 표면의 최고점에 대응하는 상기 기준선의 기준점을 결정하는 단계;

상기 기준선 상에서 상기 기준점으로부터 제1 방향으로 특정 거리만큼 떨어진 제1 지점과 제2 방향으로 상기 특정 거리만큼 떨어진 제2 지점을 결정하는 단계;

상기 제1 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 제2 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리를 결정하는 단계; 및

상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이에 기반하여 상기 각막의 회전 각도를 산출하는 단계;

를 포함하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우에 해당하는 상기 각막의 회전 각도를 상기 대칭 각도로 산출하는 단계;

를 포함하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계 이후에,

상기 회전된 각막의 2D 단층 이미지로부터 상기 각막의 3D 이미지를 생성하는 단계;

를 더 포함하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (c) 단계 이후에,

상기 회전된 각막의 표면의 중심점을 결정하는 단계; 및

상기 중심점을 기준으로 상기 각막의 표면의 일정 영역을 절개 영역으로 결정하는 단계;

를 더 포함하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법.

청구항 6

각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득하는 획득부; 및

기준선(baseline)으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 기준선으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 상기 각막의 대칭 각도를 산출하며,

상기 대칭 각도에 따라 상기 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시키는 제어부;

를 포함하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 각막의 회전 각도에 대한 상기 각막의 표면의 최고점에 대응하는 상기 기준선의 기준점을 결정하고,

상기 기준선 상에서 상기 기준점으로부터 제1 방향으로 특정 거리만큼 떨어진 제1 지점과 제2 방향으로 상기 특정 거리만큼 떨어진 제2 지점을 결정하고,

상기 제1 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 제2 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리를 결정하며,

상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이에 기반하여 상기 각막의 회전 각도를 산출하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우에 해당하는 상기 각막의 회전 각도를 상기 대칭 각도로 산출하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 회전된 각막의 2D 단층 이미지로부터 상기 각막의 3D 이미지를 생성하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 회전된 각막의 표면의 중심점을 결정하고,

상기 중심점을 기준으로 상기 각막의 표면의 일정 영역을 절개 영역으로 결정하는,

영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 인공 각막 제조 방법 및 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 인공각막은 질병이나 외상에 의하여 각막이 손상됐을 경우 생체각막 이식을 대체하기 위하여 연구 개발되어 왔다. 생체각막 이식이 불가능할 경우나 실패가능성이 확실시되는 경우, 인공각막 이식이 시력회복을 가능하게 할 유일한 치료법이다.

[0004] 인공각막의 주요 장점은 면역거부가 없다는 것이다. 다만, 인공각막 이식 시 인공각막의 부정확한 디자인은 압출, 조직괴사, 안구 내의 압력 또는 감염을 초래할 수 있다.

[0005] 따라서, 이러한 문제점들로 인해 인공 각막의 정확한 디자인 설계가 요구되나 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 한국공개특허 제10-2014-0093966호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0008] 본 발명은 기준선(baseline)으로부터 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 기준선으로부터 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 각막을 회전시켜 인공 각막을 제작하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0009] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기한 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법은, (a) 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득하는 단계; (b) 기준선(baseline)으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 기준선으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 상기 각막의 대칭 각도를 산출하는 단계; 및 (c) 상기 대칭 각도에 따라 상기 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시키는 단계;를 포함할 수 있다.

[0012] 실시예에서, 상기 (b) 단계는, 상기 각막의 회전 각도에 대한 상기 각막의 표면의 최고점에 대응하는 상기 기준선의 기준점을 결정하는 단계; 상기 기준선 상에서 상기 기준점으로부터 제1 방향으로 특정 거리만큼 떨어진 제1 지점과 제2 방향으로 상기 특정 거리만큼 떨어진 제2 지점을 결정하는 단계; 상기 제1 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 제2 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리를 결정하는 단계; 및 상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이에 기반하여 상기 각막의 회전 각도를 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0013] 실시예에서, 상기 (b) 단계는, 상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우에 해당하는 상기 각막의 회전 각도를 상기 대칭 각도로 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 실시예에서, 상기 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법은, 상기 (c) 단계 이후에, 상기 회전된 각막의 2D 단층 이미지로부터 상기 각막의 3D 이미지를 생성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0015] 실시예에서, 상기 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법은, 상기 (c) 단계 이후에, 상기 회전된 각막의 표면의 중심점을 결정하는 단계; 및 상기 중심점을 기준으로 상기 각막의 표면의 일정 영역을 절개 영역으로 결정하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0016] 실시예에서, 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치는, 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득하는 획득부; 및 기준선(baseline)으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 기준선으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 상기 각막의 대칭 각도를 산출하며, 상기 대칭 각도에 따라 상기 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시키는 제어부;를 포함할 수 있다.

[0017] 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 각막의 회전 각도에 대한 상기 각막의 표면의 최고점에 대응하는 상기 기준선의 기준점을 결정하고, 상기 기준선 상에서 상기 기준점으로부터 제1 방향으로 특정 거리만큼 떨어진 제1 지점과 제2 방향으로 상기 특정 거리만큼 떨어진 제2 지점을 결정하고, 상기 제1 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 상기 제2 지점으로부터 상기 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리를 결정하며, 상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이에 기반하여 상기 각막의 회전 각도를 산출할 수 있다.

[0018] 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우에 해당하는 상기 각막의 회전 각도를 상기 대칭 각도로 산출할 수 있다.

[0019] 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 회전된 각막의 2D 단층 이미지로부터 상기 각막의 3D 이미지를 생성할 수 있다.

[0020] 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 회전된 각막의 표면의 중심점을 결정하고, 상기 중심점을 기준으로 상기 각막의 표면의 일정 영역을 절개 영역으로 결정할 수 있다.

[0021] 상기한 목적들을 달성하기 위한 구체적인 사항들은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술될 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0022] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구성될 수 있으며, 본 발명의 개시가 완전하도록 하고 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하, "통

상의 기술자")에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해서 제공되는 것이다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 짧은 시간 내에 대량의 환자 맞춤형 각막을 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 안구의 구조적 굴곡 및 왜곡을 최소화하고 투명도 및 조직적 특성을 조절할 수 있음으로, 환자의 각막과 유사한 인공 각막을 제공할 수 있다.

[0026] 본 발명의 효과들은 상술된 효과들로 제한되지 않으며, 본 발명의 기술적 특징들에 의하여 기대되는 잠정적인 효과들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면 라인 산출을 도시한 도면이다.

도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면의 최고점 산출을 도시한 도면이다.

도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면의 수직거리 산출을 도시한 도면이다.

도 3a 내지 3d는 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면의 중심점 산출을 도시한 도면이다.

도 4a 내지 4c는 본 발명의 일 실시예에 따른 X 방향에 대한 회전 각도에 대한 XZ 차원의 2D 단층 이미지를 도시한 도면이다.

도 5a 내지 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 X 방향에 대한 회전 각도에 대한 YZ 차원의 2D 단층 이미지를 도시한 도면이다.

도 6a 내지 6c는 본 발명의 일 실시예에 따른 Y 방향에 대한 회전 각도에 대한 YZ 차원의 2D 단층 이미지를 도시한 도면이다.

도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 XZ 차원에서의 회전 각도 보정을 도시한 도면이다.

도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 YZ 차원에서의 회전 각도 보정을 도시한 도면이다.

도 8a 내지 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 중심점을 기준으로 하는 인공 각막 제작을 도시한 도면이다.

도 9a 내지 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 몰드의 구조의 예를 도시한 도면이다.

도 10a는 본 발명의 일 실시예에 따른 후처리가 진행되지 않은 경우의 몰드 표면을 도시한 도면이다.

도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 후처리가 진행된 경우의 몰드 표면을 도시한 도면이다.

도 10c 내지 10f는 본 발명의 일 실시예에 따른 후처리 진행 여부에 대한 인공 각막 표면을 도시한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법을 도시한 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.

[0030] 청구범위에 개시된 발명의 다양한 특징들은 도면 및 상세한 설명을 고려하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 명세서에 개시된 장치, 방법, 제법 및 다양한 실시예들은 예시를 위해서 제공되는 것이다. 개시된 구조 및 기능상의 특징들은 통상의 기술자로 하여금 다양한 실시예들을 구체적으로 실시할 수 있도록 하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 개시된 용어 및 문장들은 개시된 발명의 다양한 특징들을 이해하기 쉽게 설명하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.

[0031] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있

다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0032] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제작 방법 및 장치를 설명한다.

[0033] 일 실시예에서, 본 발명에 따라, 각막의 2D 단층 이미지로부터 각막의 표면 라인을 결정하고(Step 1), 각막의 표면의 최고점을 산출하여 XZ 및 YZ 차원에서의 회전 각도를 결정하기 위한 기준 이미지를 결정하고(Step 2), 각막의 표면의 중심점을 산출하여 각막의 대칭 각도의 포지션에서의 최상단점을 결정하며(Step 3), 대칭 각도에 따라 각막을 포함한 2D 단층 이미지를 회전시킬 수 있다(Step 4).

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면 라인 산출을 도시한 도면이다.

[0036] 도 1을 참고하면, 피검자의 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득할 수 있다. 예를 들어, 광간섭 단층촬영(Optical Coherence Tomography, OCT) 장치를 이용하여 각막에 대한 2D 단층 이미지를 획득할 수 있다.

[0037] 일 실시예에서, 획득된 2D 단층 이미지에 대하여 가우시안 필터링(Gaussian filtering)을 수행할 수 있다.

[0038] 일 실시예에서, 가우시안 필터링이 수행된 2D 단층 이미지에 대하여 차분 필터링(Differential Filtering)을 수행할 수 있다.

[0039] 일 실시예에서, 차분 필터링이 수행된 2D 단층 이미지에서 각막 부분을 추출할 수 있다.

[0040] 일 실시예에서, 추출된 2D 단층 이미지의 각막의 표면 라인을 검출할 수 있다.

[0042] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면의 최고점 산출을 도시한 도면이다. 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면의 수직거리 산출을 도시한 도면이다.

[0043] 도 2a 및 2b를 참고하면, 기준선(baseline)으로부터 각막의 표면의 각 위치까지의 수직거리를 측정하여, 각 위치에 대한 수직거리를 XY 차원에서 그래프 매핑(mapping)할 수 있다.

[0044] 여기서, 각 위치에 대한 수직거리를 XY 차원에서 매핑된 그래프는 높이값 맵(height map)으로 지칭될 수 있다.

[0045] 일 실시예에서, 높이값 맵에서, 수직거리가 제1 임계값보다 작은 경우에 해당하는 영역을 크롭(crop)할 수 있다.

[0046] 일 실시예에서, 크롭된 영역 내에서, 수직거리가 제2 임계값보다 작은 경우에 해당하는 최상단 영역을 결정할 수 있다. 예를 들어, 크롭된 영역 내에서 수직거리가 가장 작은 경우에 해당하는 영역을 최상단 영역으로 결정할 수 있다.

[0047] 일 실시예에서, 최상단 영역 내에서 무게 중심(center of mass) 좌표를 결정할 수 있다. 예를 들어, 무게 중심 좌표는 XY 차원에서 (175, 182)일 수 있다.

[0048] 일 실시예에서, 무게 중심 좌표(예: (175, 182))에 크롭한 영역(예: 300, 350))의 크기만큼 좌표를 더하여(sum) 2D 단층 이미지에서의 최고점(예: (475, 532))을 결정할 수 있다.

[0049] 일 실시예에서, 결정된 최고점에 기반하여 XZ 차원에서의 기준 이미지와 YZ 차원에서의 기준 이미지를 결정할 수 있다.

[0051] 도 3a 내지 3d는 본 발명의 일 실시예에 따른 각막의 표면의 중심점 산출을 도시한 도면이다.

[0052] 도 3a 내지 3d를 참고하면, 각막의 2D 단층 이미지를 획득할 수 있다.

[0053] 일 실시예에서, 기준선(101)으로부터 각막의 표면의 제1 위치(103)까지의 제1 수직거리와 기준선(101)으로부터 각막의 표면의 제2 위치(104)까지의 제2 수직거리의 차이에 기반하여 각막의 대칭 각도를 산출할 수 있다.

[0054] 일 실시예에서, 각막의 회전 각도에 대한 각막의 표면의 최고점(111)에 대응하는 기준선(101)의 기준점(102)을 결정할 수 있다.

[0055] 또한, 기준선(101) 상에서 기준점(102) 상에서 기준점(102)으로부터 제1 방향으로 특정 거리(a)만큼 떨어진 제1

지점(103)과 제2 방향으로 특정 거리(a)만큼 떨어진 제2 지점(104)을 결정할 수 있다.

[0056] 또한, 제1 지점(103)으로부터 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리(b)와 제2 지점(104)으로부터 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리(b')를 결정하고, 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이($|b - b'|$)에 기반하여 각막의 회전 각도(θ)를 산출할 수 있다.

[0057] 일 실시예에서, 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우(예: b=b')에 해당하는 각막의 회전 각도를 대칭 각도로 산출할 수 있다.

[0058] 일 실시예에서, 대칭 각도에 대한 각막의 최고점(111)을 중심점(112)으로 결정할 수 있다.

[0060] 도 4a 내지 4c는 본 발명의 일 실시예에 따른 X 방향에 대한 회전 각도에 대한 XZ 차원의 2D 단층 이미지를 도시한 도면이다.

[0061] 도 4a 내지 4c를 참고하면, X 방향에 대한 회전 각도에 대한 XZ 차원에서의 각막의 대칭 포지션(symmetric position)에서의 최고점 및 대칭 각도를 산출할 수 있다.

[0062] 도 4a와 같이, X 틸트(tilt) = 0도(degree)와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 XZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, X 및 Y 틸트 스테이지를 모두 0도에 놓고 최대한 대칭 포지션에 두고 촬영할 수 있다.

[0063] 도 4b와 같이, X 틸트 = 3도와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 XZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, 틸트 스테이지로 X 방향 3도 회전 후 촬영할 수 있다.

[0064] 도 4c와 같이, X 틸트 = 5도와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 XZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, 틸트 스테이지로 X 방향 5도 회전 후 촬영할 수 있다.

[0065] 즉, 최대한 대칭 포지션으로 가정한 위치에서 틸트 스테이지를 통해 임의의 각도로 기울인 후, 본 발명에 따른 방법이 실제 기울어진 각도를 잘 찾는지 확인할 수 있다.

[0067] 도 5a 내지 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 X 방향에 대한 회전 각도에 대한 YZ 차원의 2D 단층 이미지를 도시한 도면이다.

[0068] 도 5a 내지 5c를 참고하면, X 방향에 대한 회전 각도에 대한 YZ 차원에서의 각막의 대칭 포지션(symmetric position)에서의 최고점 및 대칭 각도를 산출할 수 있다.

[0069] 도 5a와 같이, X 틸트(tilt) = 0도(degree)와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 YZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, X 및 Y 틸트 스테이지를 모두 0도에 놓고 최대한 대칭 포지션에 두고 촬영할 수 있다.

[0070] 도 5b와 같이, X 틸트 = 3도와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 YZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, 틸트 스테이지로 X 방향 3도 회전 후 촬영할 수 있다.

[0071] 도 5c와 같이, X 틸트 = 5도와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 YZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, 틸트 스테이지로 X 방향 5도 회전 후 촬영할 수 있다.

[0072] 즉, 본 발명에 따르면, X 방향 틸트 스테이지만 기울였기 때문에 YZ 차원에서는 각막의 기울임 변화가 거의 없음을 확인할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 방법이 이에 부합하는 경향성을 보인다는 것을 확인할 수 있다.

[0074] 도 6a 내지 6c는 본 발명의 일 실시예에 따른 Y 방향에 대한 회전 각도에 대한 YZ 차원의 2D 단층 이미지를 도시한 도면이다.

[0075] 도 6a 내지 6c를 참고하면, Y 방향에 대한 회전 각도에 대한 YZ 차원에서의 각막의 대칭 포지션(symmetric position)에서의 최고점 및 대칭 각도를 산출할 수 있다.

[0076] 도 5a와 같이, X 틸트(tilt) = 0도(degree)와 Y 틸트 = 0도의 조건에서 촬영한 데이터의 YZ 방향 기준 이미지를

확인할 수 있다. 이 경우, X 및 Y 틸트 스테이지를 모두 0도에 놓고 최대한 대칭 포지션에 두고 촬영할 수 있다.

[0077] 도 5b와 같이, X 틸트 = 0도와 Y 틸트 = 3도의 조건에서 촬영한 데이터의 YZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, 틸트 스테이지로 Y 방향 3도 회전 후 촬영할 수 있다.

[0078] 도 5c와 같이, X 틸트 = 0도와 Y 틸트 = 5도의 조건에서 촬영한 데이터의 YZ 방향 기준 이미지를 확인할 수 있다. 이 경우, 틸트 스테이지로 Y 방향 5도 회전 후 촬영할 수 있다.

[0080] 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 XZ 차원에서의 회전 각도 보정을 도시한 도면이다. 도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 YZ 차원에서의 회전 각도 보정을 도시한 도면이다. 도 8a 내지 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 중심점을 기준으로 하는 인공 각막 제작을 도시한 도면이다.

[0081] 일 실시예에서, 도 7a 및 7b를 참고하면, 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우(예: b=b’)에 해당하는 각막의 회전 각도를 대칭 각도로 산출할 수 있다.

[0082] 일 실시예에서, 대칭 각도에 따라 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시킬 수 있다. 예를 들어, 도 7a와 같이 XZ 차원에서 5.25도 회전시킬 수 있고, 도 7b와 같이 YZ 차원에서 3.75도 회전시킬 수 있다.

[0083] 도 8a 내지 8c를 참고하면, 회전된 각막의 표면의 중심점(112)을 결정하고, 중심점(112)을 기준으로 각막의 표면의 일정 영역을 절개 영역으로 결정하며, 인공 각막을 제작할 수 있다.

[0085] 도 9a 내지 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 몰드(900)의 구조의 예를 도시한 도면이다.

[0086] 도 9a 내지 9c를 참고하면, 몰드(900)는 각막의 상면에 대응하는 오목부(912)를 포함하는 하부 부재(910) 및 각막의 하면에 대응하는 볼록부(922)를 포함하는 상부 부재(920)를 포함할 수 있다.

[0087] 일 실시예에서, 하부 부재(910)는 하부 부재(910)를 지지하기 위한 하부 핸들부(914)를 포함하고, 상부 부재(920)는 상부 부재(920)를 이동시키기 위한 상부 핸들부(924)를 포함할 수 있다.

[0088] 일 실시예에서, 원료를 몰드(900)에 주입하여 인공 각막을 제작할 수 있다. 일 실시예에서, 인공 각막을 제조하기 위한 원료를 몰드(900)의 하부 부재(910)의 오목부(912)에 주입한 후, 상부 부재(920)를 하부 부재(910)와 결합시켜, 원료가 오목부(912)와 볼록부(922)에 의해 형성되는 인공 각막 형태에 위치하도록 할 수 있다. 이후, 인공 각막 형태에 따라 원료로부터 인공 각막을 제조할 수 있다.

[0089] 예를 들어, 인공 각막을 제조하기 위한 원료는 생체 친화성 또는 생체 적합성 물질을 포함할 수 있으나 이에 제한되지 않는다.

[0090] 일 실시예에서, 인공 각막은 실제 각막과 기계적(Mechanical) 특성 및 광학적(Optical) 특성 중 적어도 하나가 유사한 재료를 이용하여 제작될 수 있다.

[0092] 도 10a는 본 발명의 일 실시예에 따른 후처리가 진행되지 않은 경우의 몰드 표면을 도시한 도면이다. 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 후처리가 진행된 경우의 몰드 표면을 도시한 도면이다. 도 10c 내지 10f는 본 발명의 일 실시예에 따른 후처리 진행 여부에 대한 인공 각막 표면을 도시한 도면이다.

[0093] 도 10a를 참고하면, 몰드(900)는 3D 프린터를 이용하여 제작될 수 있다. 일 실시예에서, 몰드(900)의 오목부(912)와 볼록부(922)의 표면은 몰드(900)의 제작 재료에 따라 미세한 굴곡이 존재할 수 있다.

[0094] 이 경우, 도 10b를 참고하면, 오목부(912)와 볼록부(922)의 표면에 아세톤(acetone) 후처리를 수행하여 표면을 매끄럽게(smoothing) 생성할 수 있다. 이 경우, 아세톤 후처리의 수행 시간에 따라 표면이 매끄러워지는 것을 확인할 수 있다.

[0095] 또한, 도 10c 내지 10f를 참고하면, 몰드(900)에 4% 농도의 아가로스 재료를 이용하여 인공 각막 형태를 제작하는 경우, 제작된 인공 각막의 표면이 아세톤 후처리를 수행하지 않은 경우 굴곡이 존재하는 것을 확인할 수 있으며, 아세톤의 농도와 후처리 시간에 따라 표면이 매끄러워지는 것을 확인할 수 있다.

[0097] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 방법을 도시한 도면이다. 일 실시예에서, 도 11의 각 단계는 도 12의 인공 각막 제조 장치(1200)에 의해 수행될 수 있다.

[0098] 도 11을 참고하면, S1101 단계는, 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득하는 단계이다.

[0099] S1103 단계는, 기준선(baseline)(101)으로부터 각막의 표면의 제1 위치(103)까지의 제1 수직거리와 기준선(101)으로부터 각막의 표면의 제2 위치(104)까지의 제2 수직거리의 차이(difference)에 기반하여 각막의 대칭 각도를 산출하는 단계이다.

[0100] 일 실시예에서, 각막의 회전 각도에 대한 각막의 표면의 최고점(111)에 대응하는 기준선(101)의 기준점(102)을 결정하고, 기준선(101) 상에서 기준점(102) 상에서 기준점(102)으로부터 제1 방향으로 특정 거리만큼 떨어진 제1 지점(103)과 제2 방향으로 특정 거리만큼 떨어진 제2 지점(104)을 결정하고, 제1 지점(103)으로부터 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와 제2 지점(104)으로부터 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리를 결정하고, 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이에 기반하여 각막의 회전 각도를 산출할 수 있다.

[0101] 일 실시예에서, 제1 수직거리와 제2 수직거리의 차이가 가장 작은 경우에 해당하는 각막의 회전 각도를 대칭 각도로 산출할 수 있다.

[0102] S1105 단계는, 대칭 각도에 따라 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시키는 단계이다.

[0103] 일 실시예에서, 회전된 각막의 2D 단층 이미지로부터 각막의 3D 이미지를 생성할 수 있다.

[0104] 일 실시예에서, 회전된 각막의 표면의 중심점(112)을 결정하고, 중심점(112)을 기준으로 각막의 표면의 일정 영역을 절개 영역으로 결정할 수 있다.

[0106] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 처리를 통한 인공 각막 제조 장치(1200)를 도시한 도면이다.

[0107] 도 12를 참고하면, 인공 각막 제조 장치(1200)는 획득부(1210), 제어부(1220), 저장부(1230) 및 표시부(1240)를 포함할 수 있다.

[0108] 획득부(1210)는 각막(cornea)의 2D(dimension) 단층 이미지를 획득할 수 있다. 일 실시예에서, 획득부(1210)는 광간섭 단층촬영장치(Optical Coherence Tomography, OCT)를 포함할 수 있다.

[0109] 일 실시예에서, 획득부(1210)는 통신부를 포함할 수 있고, 통신부는 유선 통신 모듈 및 무선 통신 모듈 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 통신부의 전부 또는 일부는 '송신부', '수신부' 또는 '송수신부(transceiver)'로 지칭될 수 있다.

[0110] 제어부(1220)는 기준선(101)으로부터 각막의 표면의 제1 위치(103)까지의 제1 수직거리와 기준선(101)으로부터 각막의 표면의 제2 위치(104)까지의 제2 수직거리의 차이에 기반하여 각막의 대칭 각도를 산출하고, 대칭 각도에 따라 각막이 포함된 2D 단층 이미지를 회전시킬 수 있다.

[0111] 일 실시예에서, 제어부(1220)는 적어도 하나의 프로세서 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다. 또한, 제어부(1220)는 CP(communication processor)라 지칭될 수 있다. 제어부(1220)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 인공 각막 제조 장치(1200)의 동작을 제어할 수 있다.

[0112] 저장부(1230)는 각막의 2D 단층 이미지 및 2D 단층 이미지로부터 생성된 각막의 3D 이미지를 저장할 수 있다.

[0113] 일 실시예에서, 저장부(1230)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부(1230)는 제어부(1220)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공할 수 있다.

[0114] 표시부(1240)는 각막의 2D 단층 이미지 및 2D 단층 이미지로부터 생성된 각막의 3D 이미지를 디스플레이할 수 있다.

[0115] 일 실시예에서, 표시부(1240)는 인공 각막 제조 장치(1200)에서 처리되는 정보를 나타낼 수 있다. 예를 들면, 표시부(1240)는 액정 디스플레이(LCD; Liquid Crystal Display), 발광 다이오드(LED; Light Emitting Diode) 디스플레이, 유기 발광 다이오드(OLED; Organic LED) 디스플레이, 마이크로 전자기계 시스템(MEMS; Micro Electro Mechanical Systems) 디스플레이 및 전자 종이(electronic paper) 디스플레이 중 적어도 어느 하나를

포함할 수 있다.

[0116] 도 12를 참고하면, 인공 각막 제조 장치(1200)는 획득부(1210), 제어부(1220), 저장부(1230) 및 표시부(1240)를 포함할 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예들에서 인공 각막 제조 장치(1200)는 도 12에 설명된 구성들이 필수적인 것은 아니어서, 도 12에 설명된 구성들보다 많은 구성들을 가지거나, 또는 그보다 적은 구성들을 가지는 것으로 구현될 수 있다.

[0118] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 통상의 기술자라면 본 발명의 본질적인 특성이 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능할 것이다.

[0119] 본 명세서에 개시된 다양한 실시예들은 순서에 관계없이 수행될 수 있으며, 동시에 또는 별도로 수행될 수 있다.

[0120] 일 실시예에서, 본 명세서에서 설명되는 각 도면에서 적어도 하나의 단계가 생략되거나 추가될 수 있고, 역순으로 수행될 수도 있으며, 동시에 수행될 수도 있다.

[0121] 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

[0122] 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

[0124] 101: 기준선

102: 기준점

103: 제1 위치

104: 제2 위치

111: 최고점

112: 중심점

900: 몰드

910: 하부 부재

912: 오목부

914: 하부 핸들부

920: 상부 부재

922: 볼록부

924: 상부 핸들부

1200: 인공 각막 제조 장치

1210: 획득부

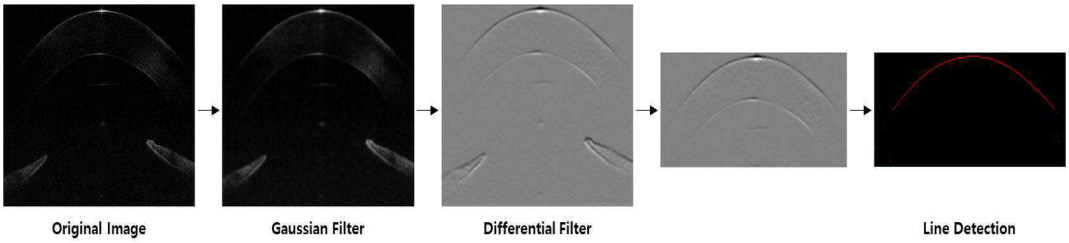
1220: 제어부

1230: 저장부

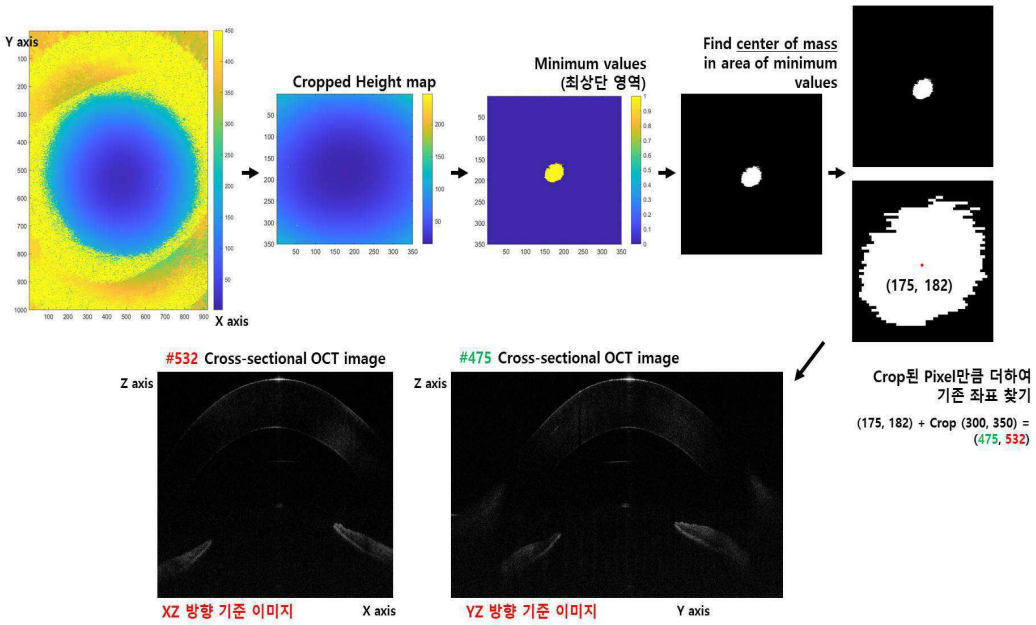
1240: 표시부

도면

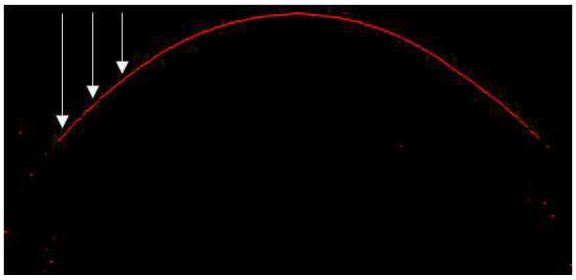
도면1



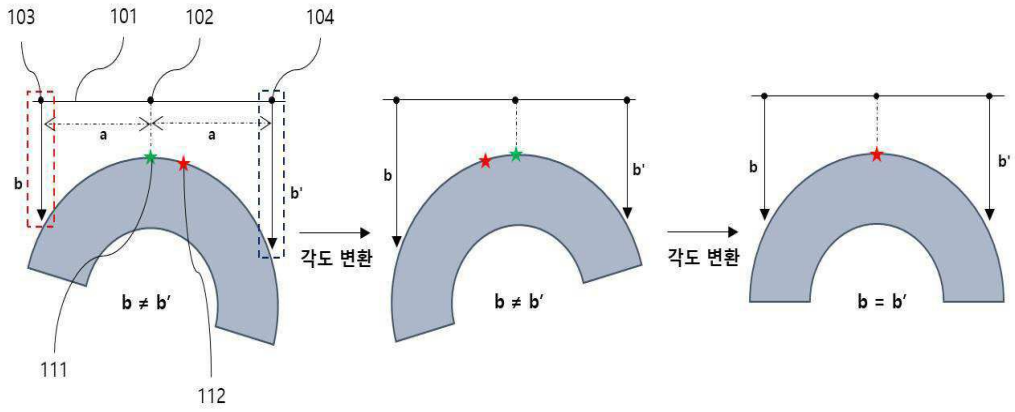
도면2a



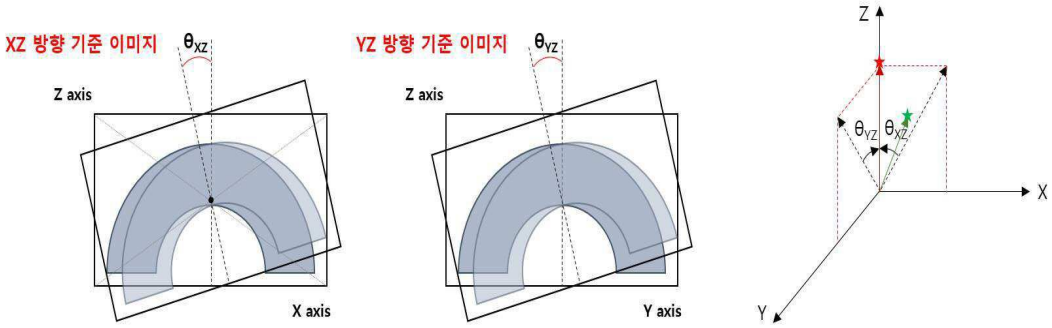
도면2b



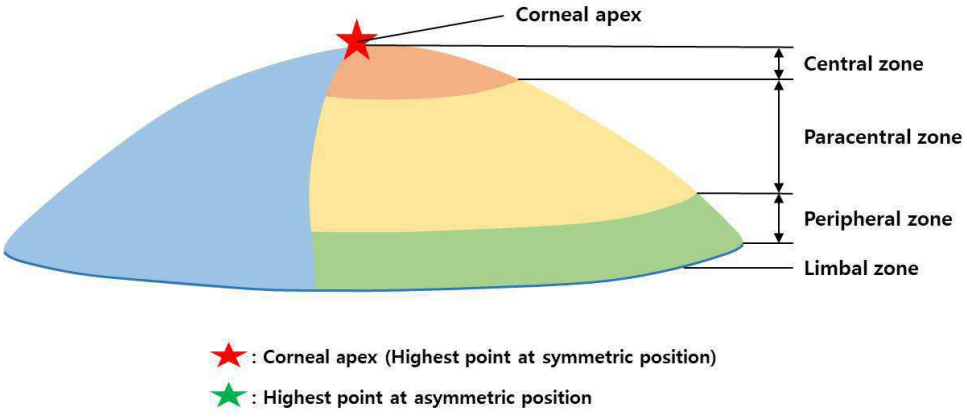
도면3a



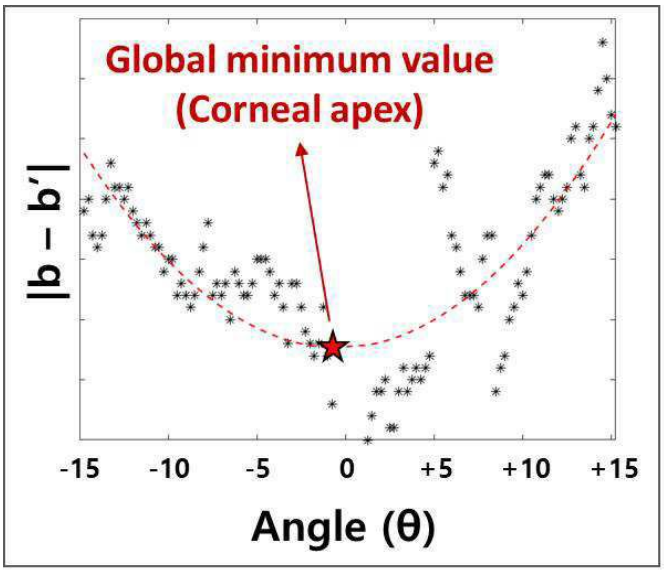
도면3b



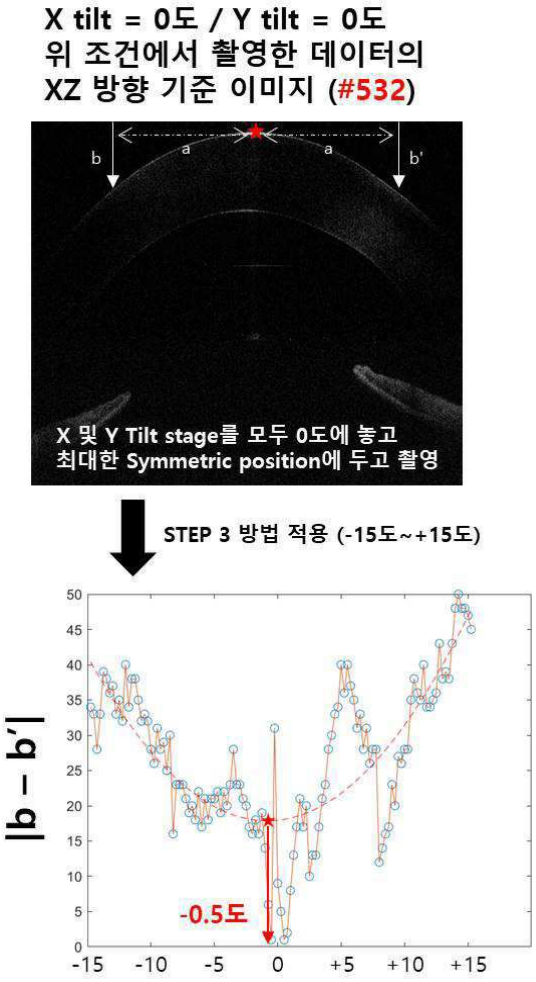
도면3c



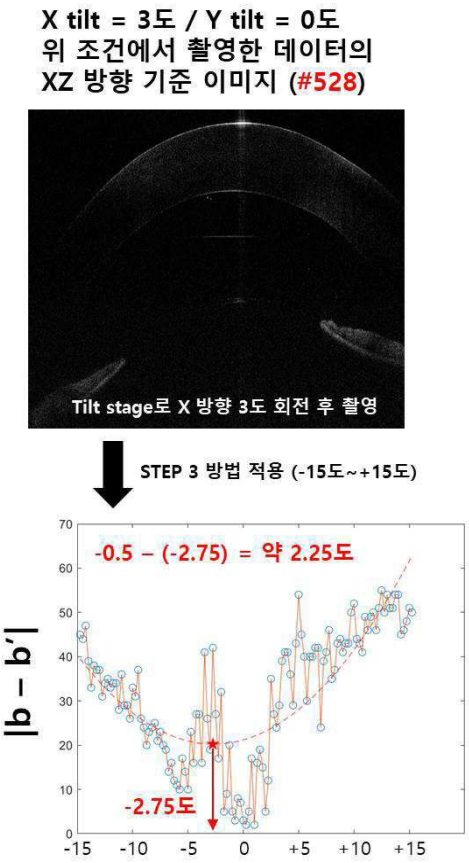
도면3d


Global minimum value
(Corneal apex)
|b – b'|
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15
Angle (θ)

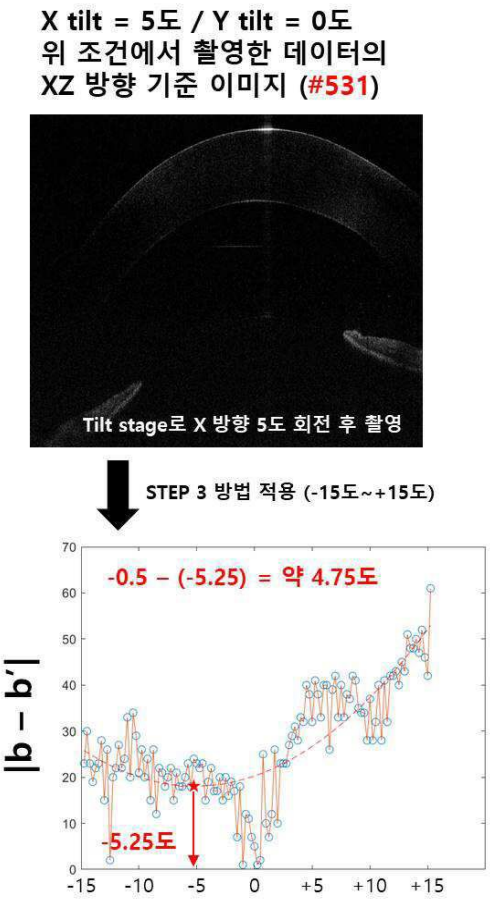
도면4a


X tilt = 0도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
XZ 방향 기준 이미지 (#532)
b
a
a
b'
X 및 Y Tilt stage를 모두 0도에 놓고
최대한 Symmetric position에 두고 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
|b – b'|
-0.5도

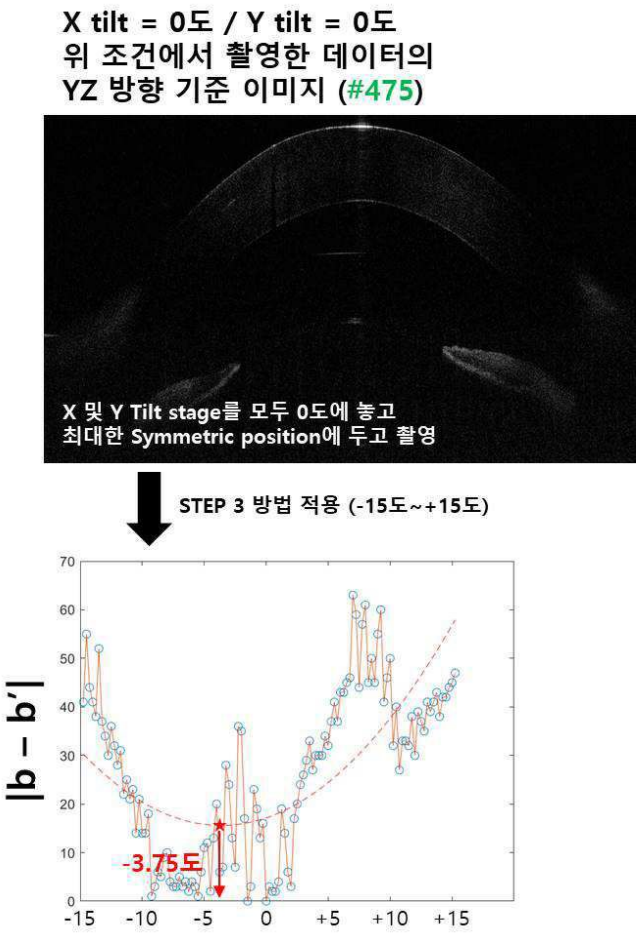
도면4b


X tilt = 3도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
XZ 방향 기준 이미지 (#528)
Tilt stage로 X 방향 3도 회전 후 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-0.5 – (-2.75) = 약 2.25도
-2.75도
|b – b'|
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

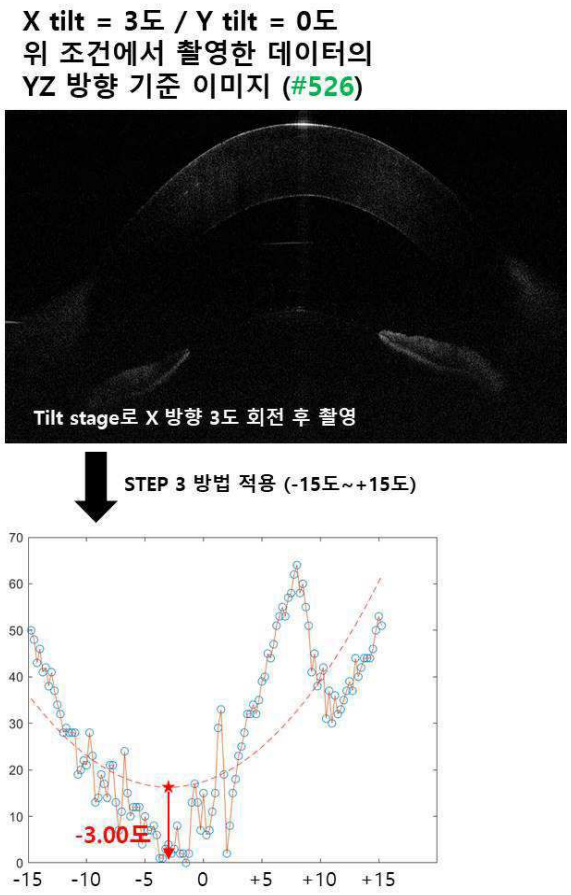
도면4c


X tilt = 5도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
XZ 방향 기준 이미지 (#531)
Tilt stage로 X 방향 5도 회전 후 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
|b – b'|
-0.5 – (-5.25) = 약 4.75도
-5.25도
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

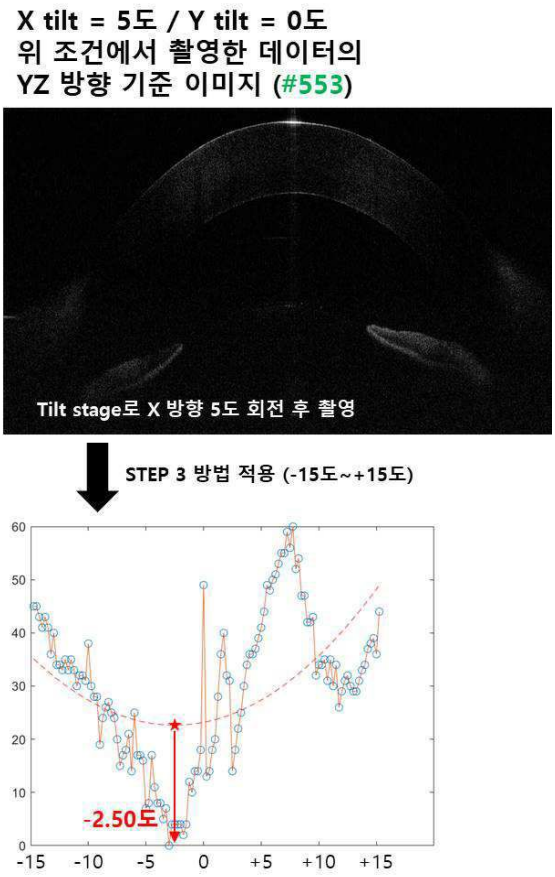
도면5a


X tilt = 0도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
YZ 방향 기준 이미지 (#475)
X 및 Y Tilt stage를 모두 0도에 놓고
최대한 Symmetric position에 두고 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
|b – b'|
-3.75도
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

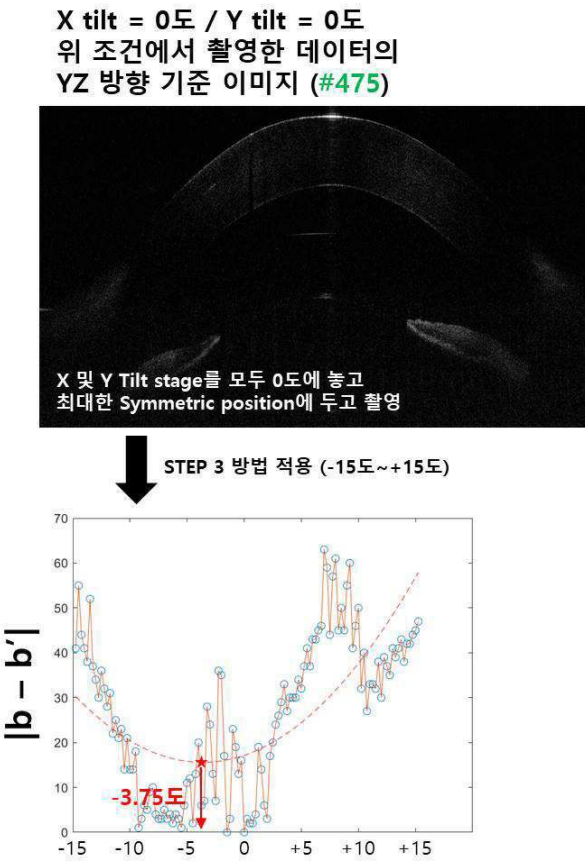
도면5b


X tilt = 3도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
YZ 방향 기준 이미지 (#526)
Tilt stage로 X 방향 3도 회전 후 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-3.00도
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

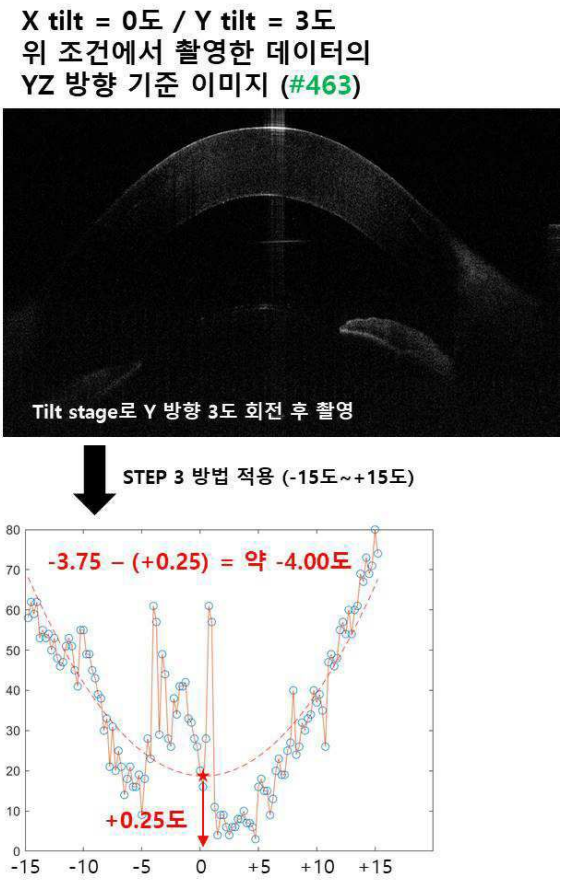
도면5c


X tilt = 5도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
YZ 방향 기준 이미지 (#553)
Tilt stage로 X 방향 5도 회전 후 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-2.50도
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

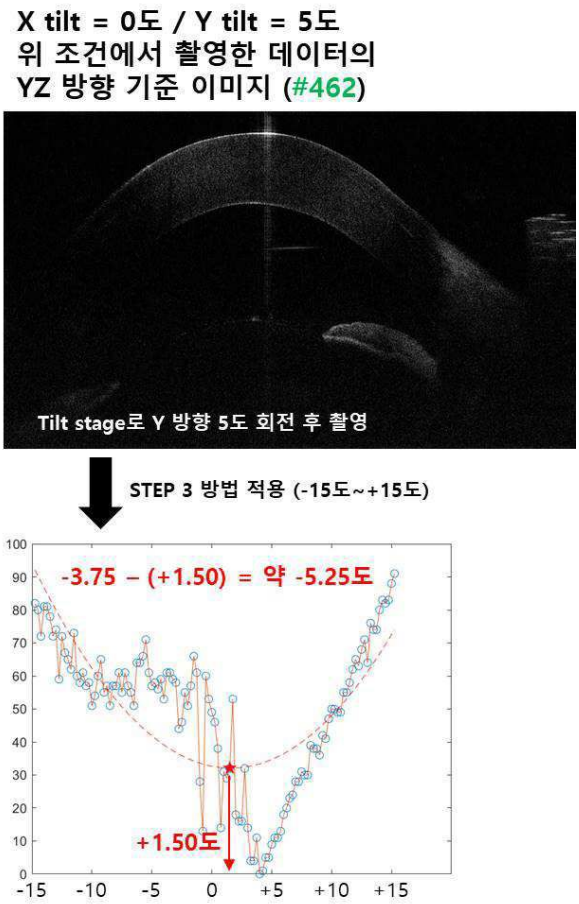
도면6a


X tilt = 0도 / Y tilt = 0도
위 조건에서 촬영한 데이터의
YZ 방향 기준 이미지 (#475)
X 및 Y Tilt stage를 모두 0도에 놓고
최대한 Symmetric position에 두고 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
|b – b'|
-3.75도
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

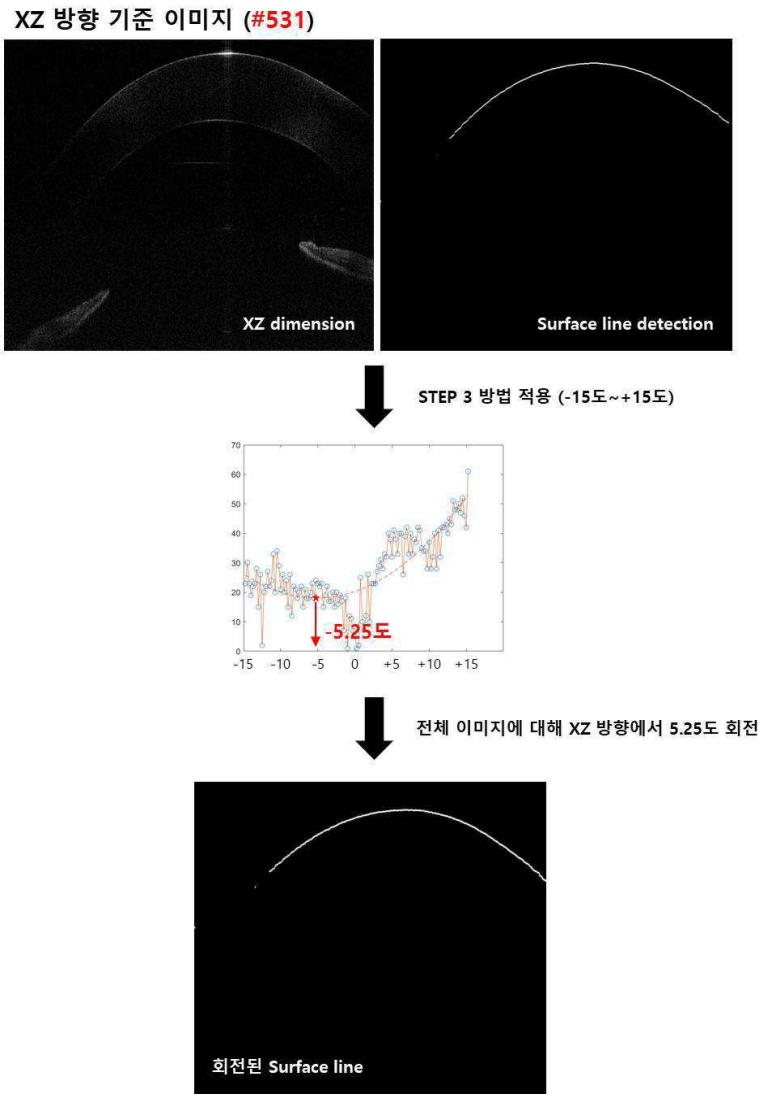
도면6b


X tilt = 0도 / Y tilt = 3도
위 조건에서 촬영한 데이터의
YZ 방향 기준 이미지 (#463)
Tilt stage로 Y 방향 3도 회전 후 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-3.75 – (+0.25) = 약 -4.00도
+0.25도
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

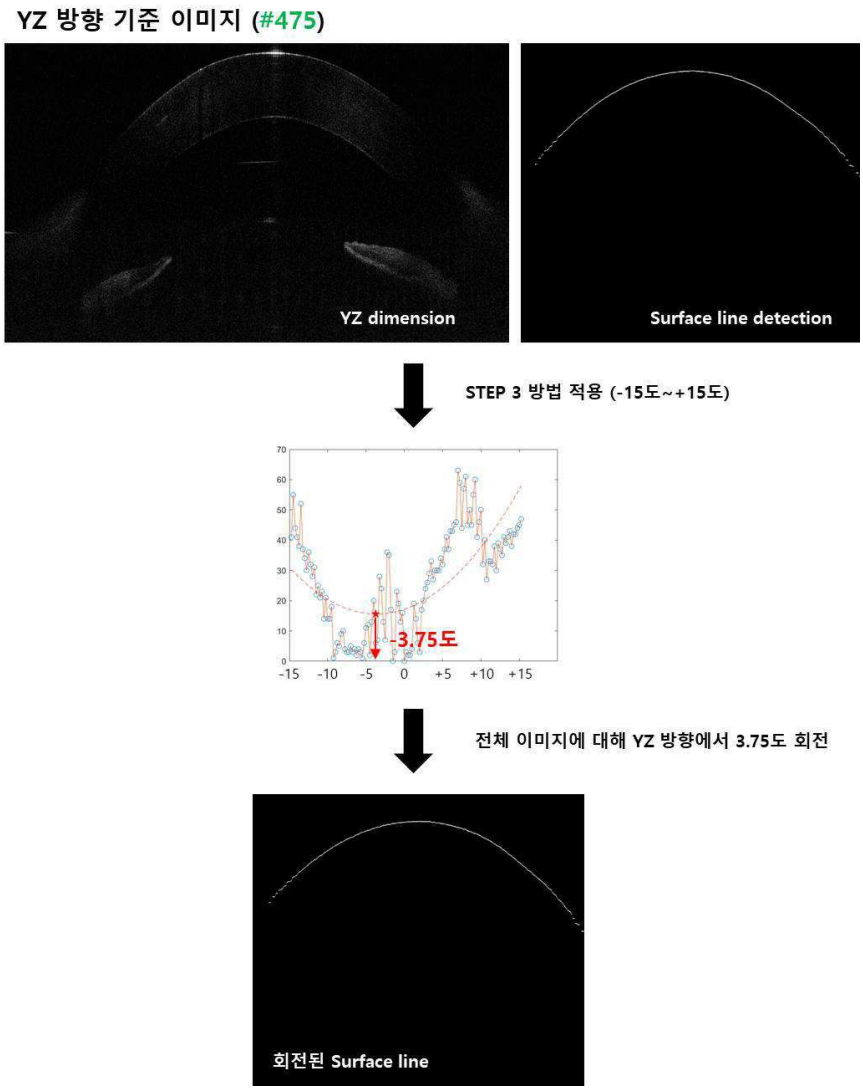
도면6c


X tilt = 0도 / Y tilt = 5도
위 조건에서 촬영한 데이터의
YZ 방향 기준 이미지 (#462)
Tilt stage로 Y 방향 5도 회전 후 촬영
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-3.75 – (+1.50) = 약 -5.25도
+1.50도
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-15
-10
-5
0
+5
+10
+15

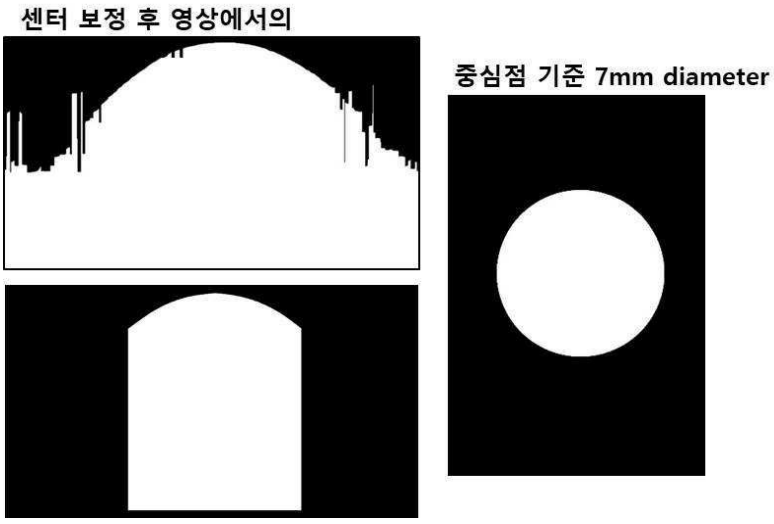
도면7a


XZ 방향 기준 이미지 (#531)
XZ dimension
Surface line detection
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-5.25도
전체 이미지에 대해 XZ 방향에서 5.25도 회전
회전된 Surface line

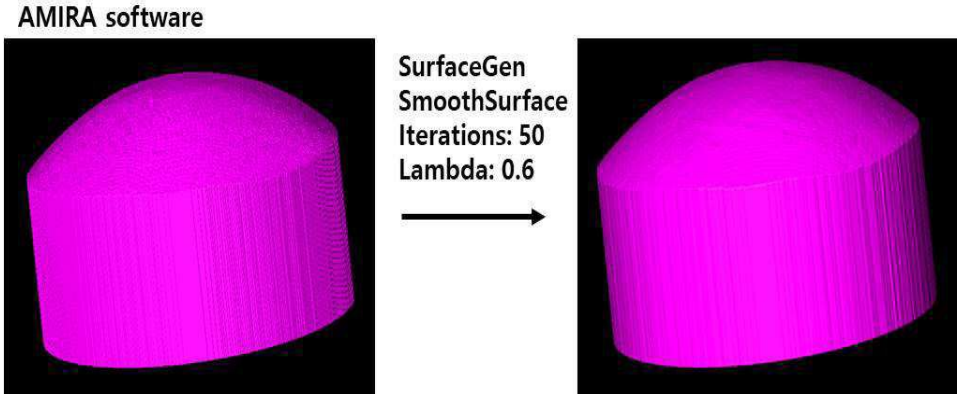
도면7b


YZ 방향 기준 이미지 (#475)
YZ dimension
Surface line detection
STEP 3 방법 적용 (-15도~+15도)
-3.75도
전체 이미지에 대해 YZ 방향에서 3.75도 회전
회전된 Surface line

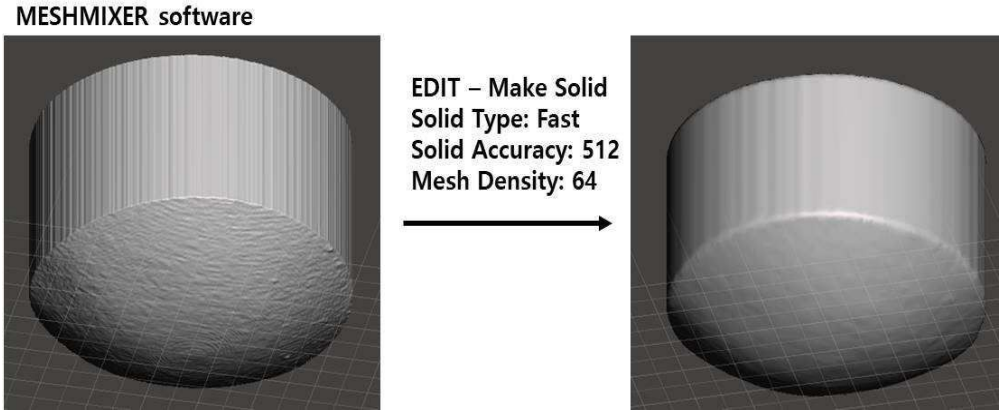
도면8a


센터 보정 후 영상에서의
중심점 기준 7mm diameter

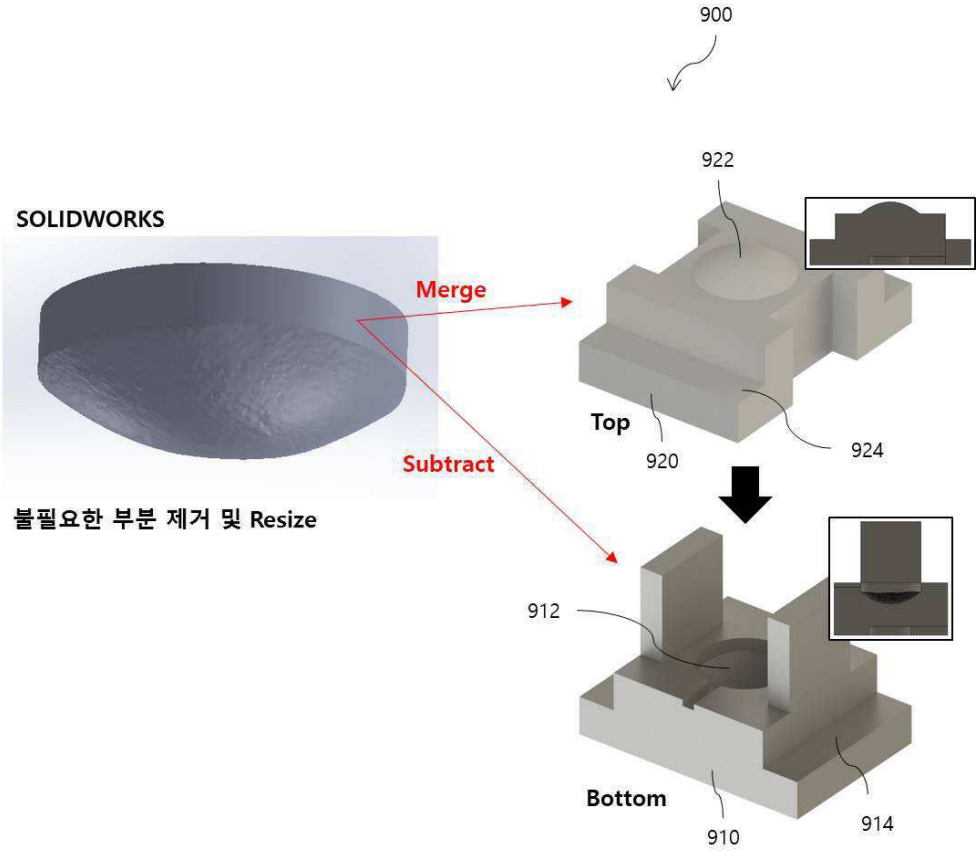
도면8b


AMIRA software
SurfaceGen
SmoothSurface
Iterations: 50
Lambda: 0.6

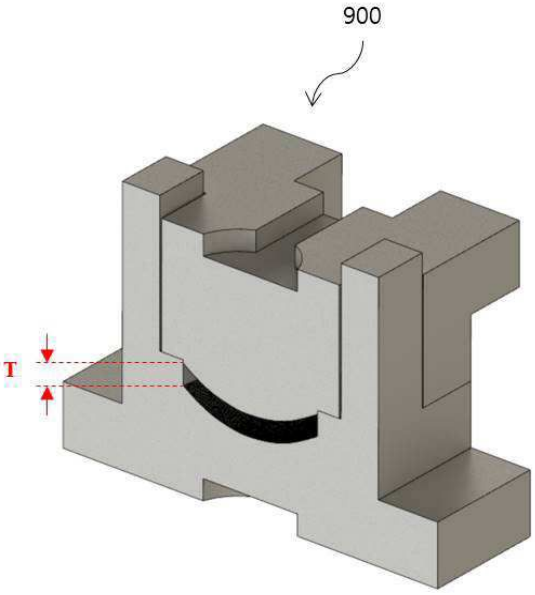
도면8c


MESHMIXER software
EDIT – Make Solid
Solid Type: Fast
Solid Accuracy: 512
Mesh Density: 64

도면9a

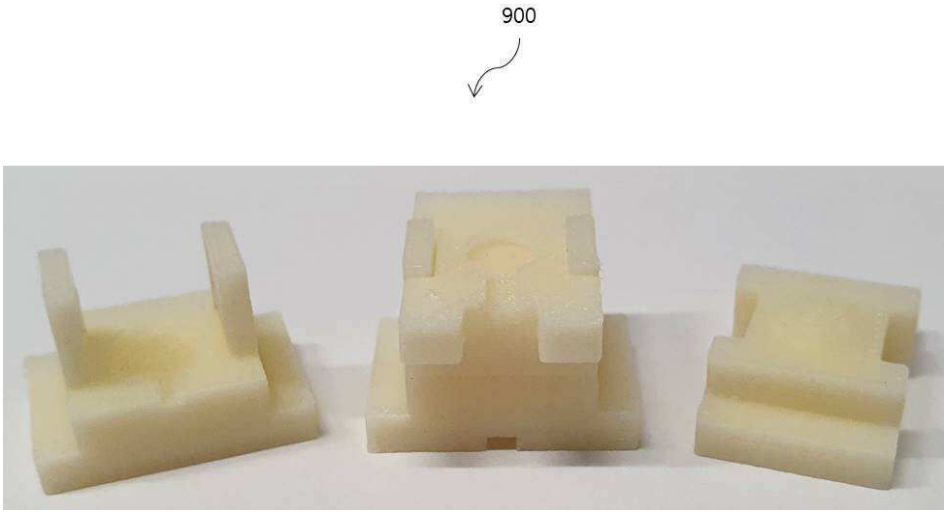


도면9b

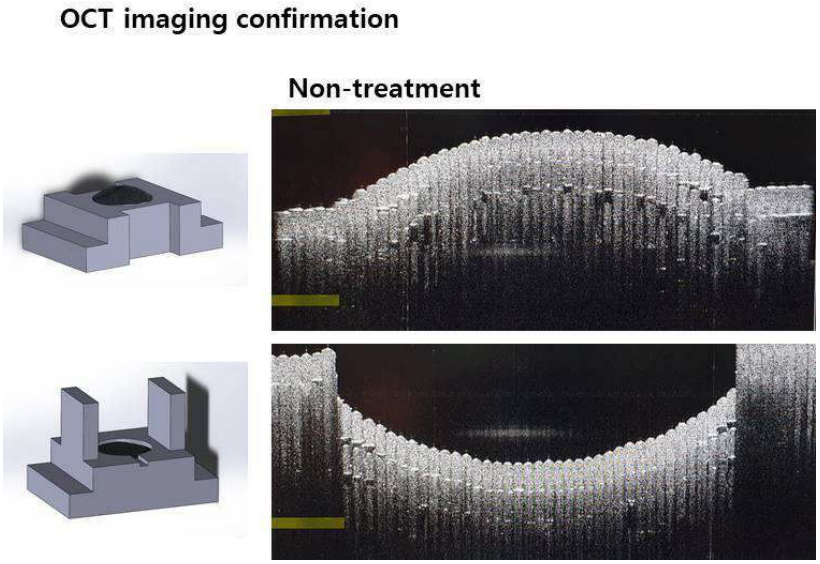


T (um)	Bottom	Top
400	700	1100
500	600	1100
600	500	1100
700	400	1100
800	300	1100
900	200	1100
1000	100	1100

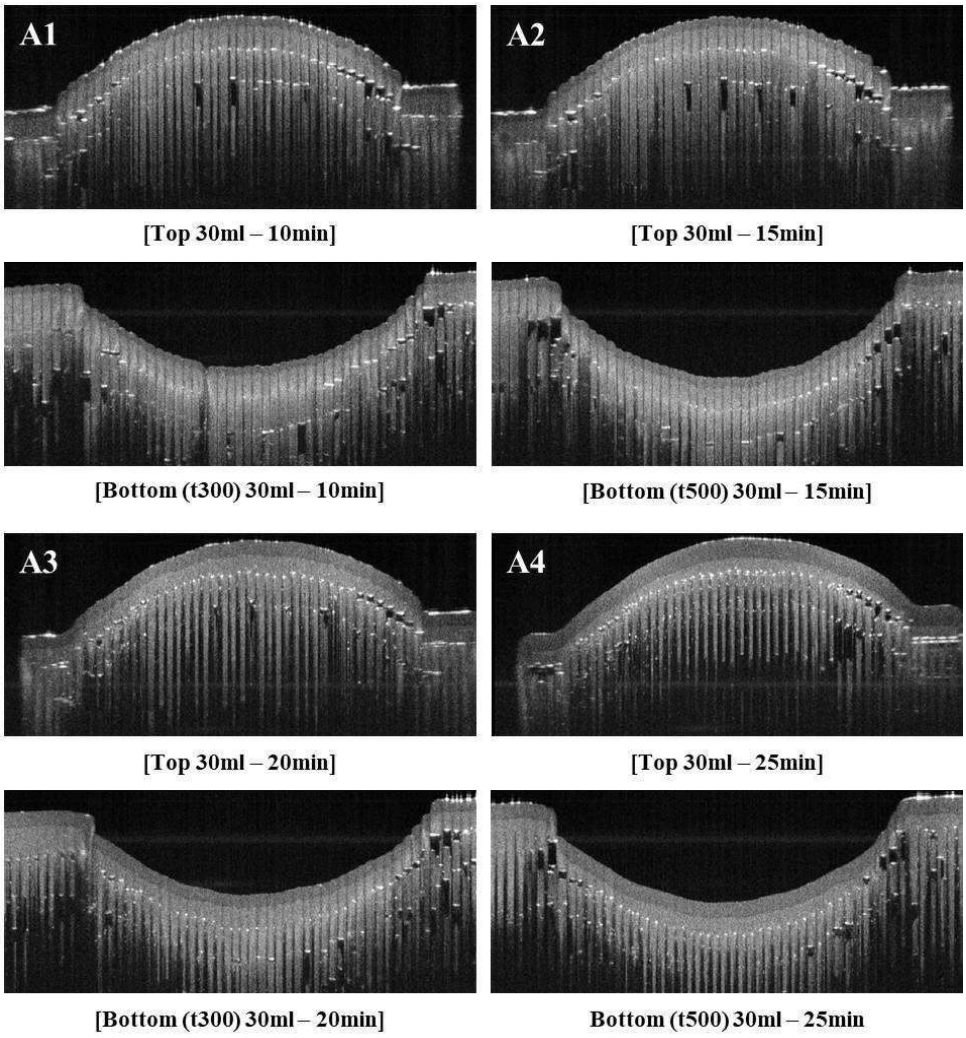
도면9c



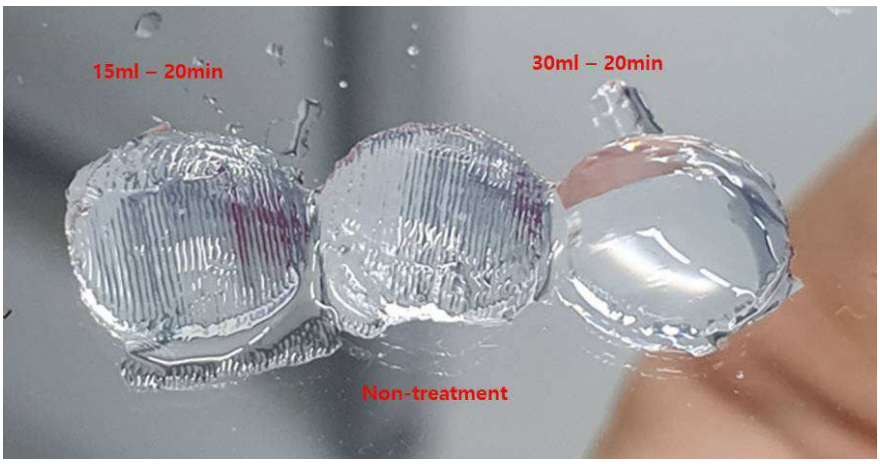
도면10a



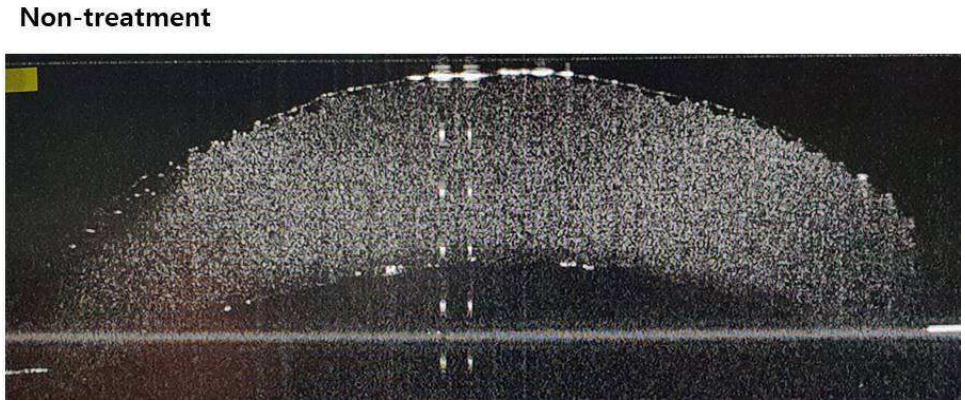
도면10b


A1
A2
[Top 30ml – 10min]
[Top 30ml – 15min]
[Bottom (t300) 30ml – 10min]
[Bottom (t500) 30ml – 15min]
A3
A4
[Top 30ml – 20min]
[Top 30ml – 25min]
[Bottom (t300) 30ml – 20min]
Bottom (t500) 30ml – 25min

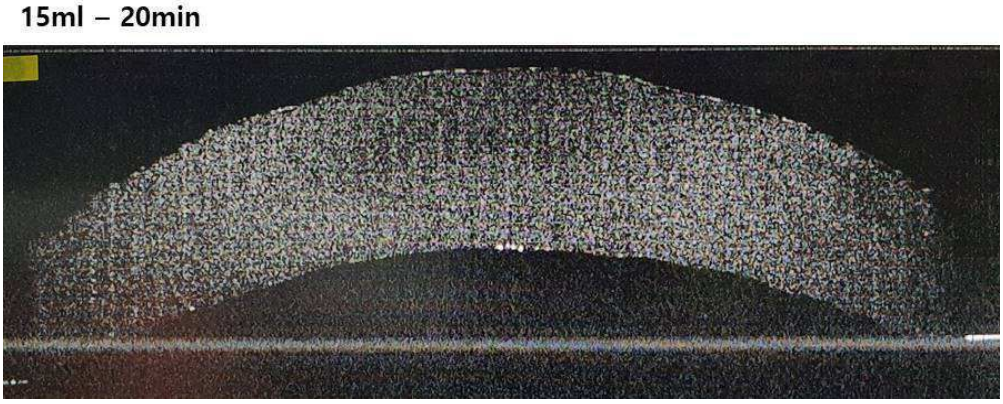
도면10c


15ml – 20min
30ml – 20min
Non-treatment

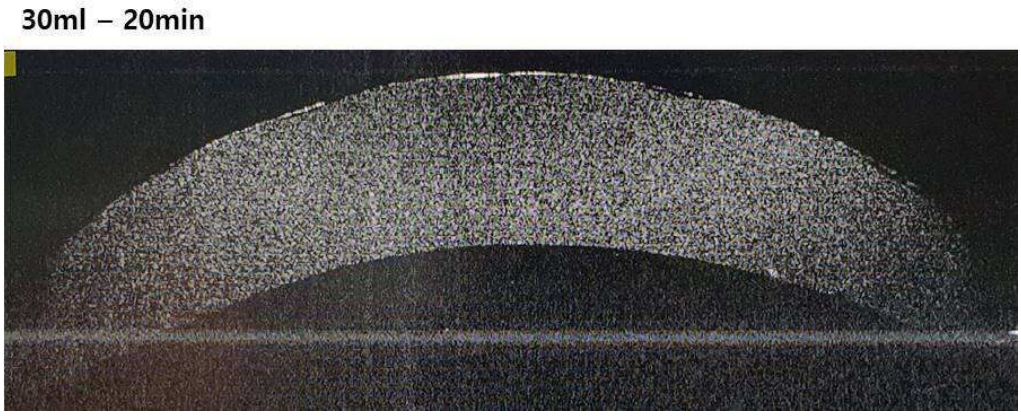
도면10d



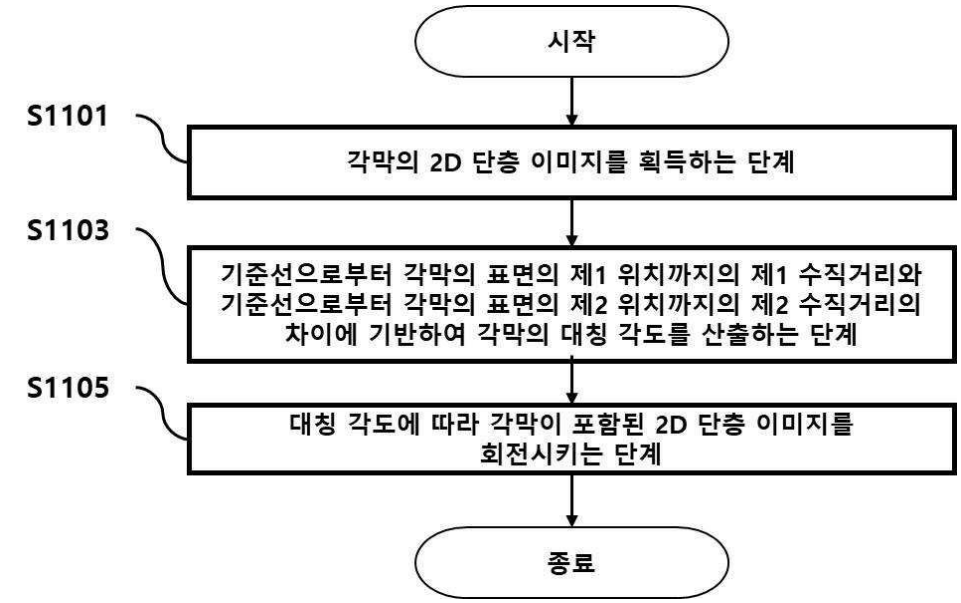
도면10e



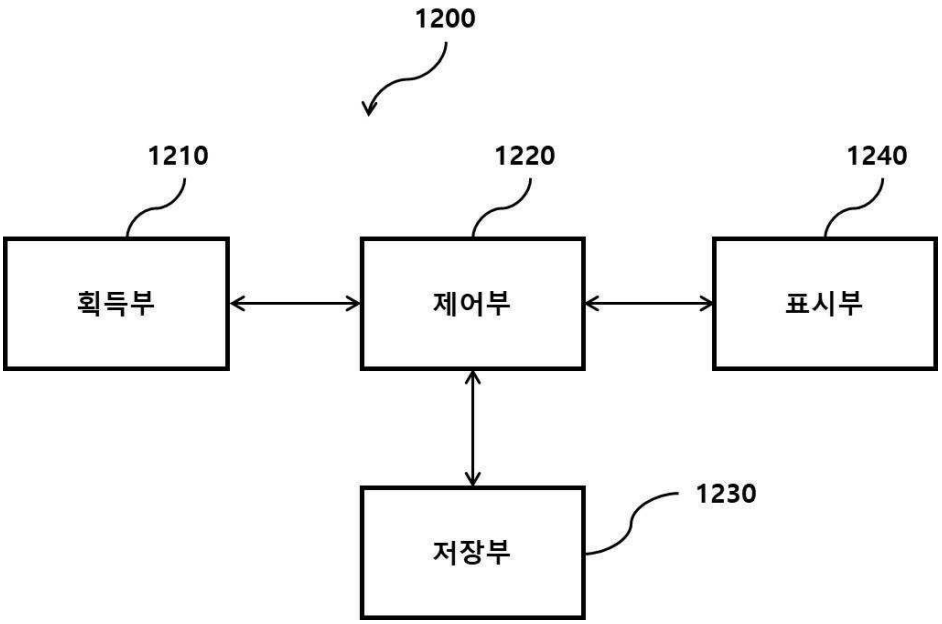
도면10f



도면11


시작
S1101
각막의 2D 단층 이미지를 획득하는 단계
S1103
기준선으로부터 각막의 표면의 제1 위치까지의 제1 수직거리와
기준선으로부터 각막의 표면의 제2 위치까지의 제2 수직거리의
차이에 기반하여 각막의 대칭 각도를 산출하는 단계
S1105
대칭 각도에 따라 각막이 포함된 2D 단층 이미지를
회전시키는 단계
종료

도면12


1200
1210
1220
1240
획득부
제어부
표시부
저장부
1230