



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월19일

(11) 등록번호 10-1484376

(24) 등록일자 2015년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 3/10 (2006.01) A61B 3/12 (2006.01)

G01N 21/71 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-7005684

(22) 출원일자(국제) 2010년07월23일

심사청구일자 2012년03월05일

(85) 번역문제출일자 2012년03월02일

(65) 공개번호 10-2012-0055594

(43) 공개일자 2012년05월31일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2010/062968

(87) 국제공개번호 WO 2011/018950

국제공개일자 2011년02월17일

(30) 우선권주장

JP-P-2009-186779 2009년08월11일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2008154704 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3조메 30방 2고

(72) 발명자

미야사 가즈히로

일본 1468501도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

가따야마 아끼히로

일본 1468501도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

(74) 대리인

장수길, 박충범

전체 청구항 수 : 총 6 항

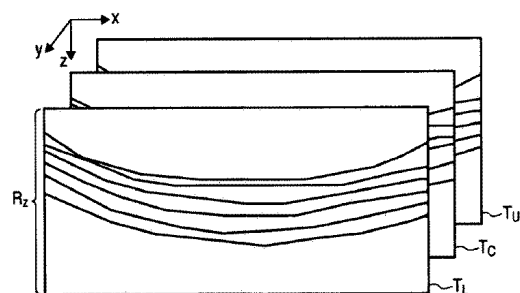
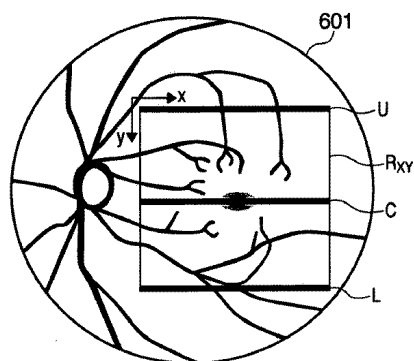
심사관 : 이재균

(54) 발명의 명칭 단층 촬영 장치 및 그 제어 방법, 컴퓨터 판독가능한 저장 매체

(57) 요약

본 발명의 광 간섭 단층 촬영에 의해 안저의 단층상을 촬상하는 단층 촬영 장치에 있어서, 안저에서의, 단층상이 촬상되어야 할 계측 영역이 설정되면, 광 간섭 단층 촬영을 이용하여, 설정된 계측 영역의 복수의 미리결정된 위치에서 단층상이 취득되며, 상기 미리결정된 위치의 개수는 진단용의 촬상의 경우보다 적다. 그리고, 취득된 단층상은 실시간으로 표시 장치의 화면 상에 일렬로 표시된다.

대표도



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

삭제

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

광 간섭 단층 촬영에 의해 안저의 단층상을 촬상하는 단층 촬영 장치이며,

안저에서 단층상들이 촬상되어야 할 계측 영역을 설정하는 설정 유닛과,

상기 광 간섭 단층 촬영을 이용하여, 상기 계측 영역의 중앙부 및 양 단부에서 단층상들을 취득하는 취득 유닛으로서, 상기 취득 유닛에 의해 취득된 단층상들의 개수는 진단용의 촬상의 경우보다 적은 취득 유닛과,

상기 취득 유닛에 의해 취득된 각각의 단층상으로부터 망막층을 추출하는 추출 유닛과,

각각의 상기 단층상에 대해, 상기 추출 유닛에 의해 추출된 망막층이 상기 단층상의 심도 방향에 대해 촬상 영역 외측으로 돌출하는지 여부를 검출하는 검출 유닛과,

상기 취득 유닛에 의해 취득된 단층상들을 실시간으로 표시 장치의 화면 상에 일렬로 표시하는 표시 제어 유닛을 포함하고,

상기 표시 제어 유닛은, 상기 망막층이 돌출한 것으로 검출된 각각의 단층상의 표시를 단층상으로부터 망막층이 돌출된 것을 나타내는 정보를 표시하는 표시 형태로 하는 것에 의해, 다른 단층상의 표시 형태와 상이하게 되도록 상기 단층상들을 표시하고,

상기 취득 유닛은

저간섭 광원과,

상기 저간섭 광원으로부터 피검안 측의 안저 및 참조 미리 측으로 저간섭 광을 분기시키는 광학 부재와,

상기 광학 부재에 의해 분기된 저간섭 광으로 안저를 조사함으로써 상기 피검안의 안저를 주사하는 제2 광학 부재와,

상기 피검안의 안저로부터의 복귀 저간섭 광을 상기 참조 미리로부터의 복귀 저간섭 광과 광 간섭시킴으로써 단층상을 취득하도록 구성된 재구성 유닛과,

상기 저간섭 광이 주사되는 2차원 주사 영역의 중앙부 및 양 단부에서 3개 이상의 단층상을 취득하도록, 상기 제2 광학 부재를 구동시키도록 구성된 구동 유닛을 포함하는, 단층 촬영 장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 추출 유닛에 의해 추출된 망막층의 단층상에서의 심도 방향의 위치에 기초하여, 망막층이 상기 심도 방향의 촬상 영역 외측으로 돌출하지 않도록 상기 광 간섭 단층 촬영에서 이용되는 참조 미러의 위치를 조정하는 조정 유닛을 더 포함하는, 단층 촬영 장치.

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

안저로부터의 복귀 광을 참조 미러로부터의 복귀 광과 광 간섭시킴으로써 안저의 단층상을 촬상하는 단층 촬영 장치이며,

진단용의 단층상들이 촬상되는 영역의 중앙부 및 양 단부에서 단층상들을 취득하는 취득 수단으로서, 상기 취득 수단에 의해 취득된 상기 단층상들의 개수는 진단용의 단층상들의 개수보다 적은 취득 수단과,

상기 취득 수단에 의해 취득된 단층상들로부터 망막층을 추출하는 추출 수단과,

상기 추출 수단에 의해 추출된 망막층이 상기 단층상의 심도 방향에 대해 촬상 영역 외측으로 돌출하는지 여부를 검출하는 검출 수단과,

상기 망막층이 돌출한 것으로 검출된 단층상을, 다른 단층상들의 표시 형태와 상이한 표시 형태로 해서 단층상으로부터 망막층이 돌출된 것을 나타내는 정보를 표시 장치상에서 표시하는 표시 제어 수단을 포함하고,

상기 취득 수단은

저간섭 광원과,

상기 저간섭 광원으로부터 피검안 측의 안저 및 참조 미러 측으로 저간섭 광을 분기시키는 광학 부재와,

상기 광학 부재에 의해 분기된 저간섭 광으로 안저를 조사함으로써 상기 피검안의 안저를 주사하는 제2 광학 부재와,

상기 피검안의 안저로부터의 복귀 저간섭 광을 상기 참조 미러로부터의 복귀 저간섭 광과 광 간섭시킴으로써 단층상을 취득하도록 구성된 재구성 유닛과,

상기 저간섭 광이 주사되는 2차원 주사 영역의 중앙부 및 양 단부에서 3개 이상의 단층상을 취득하도록, 상기 제2 광학 부재를 구동시키도록 구성된 구동 유닛을 포함하는, 단층 촬영 장치.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 표시 제어 수단이 상기 단층상을 표시한 후에, 유저에 의한 지시에 따라 단층상에 대한 촬상 위치를 변경하는 수단을 더 포함하는, 단층 촬영 장치.

#### 청구항 12

제10항에 있어서,

상기 표시 제어 수단이 상기 단층상들을 표시한 후에, 상기 진단용의 단층상들을 촬상하는, 단층 촬영 장치.

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

저간섭 광원과,

상기 저간섭 광원으로부터 피검안 측의 안저 및 참조 미러 측으로 저간섭 광을 분기시키는 광학 부재와,  
 상기 광학 부재에 의해 분기된 저간섭 광으로 안저를 조사함으로써 상기 피검안의 안저를 주사하는 제2 광학 부재와,  
 상기 피검안의 안저로부터의 복귀 저간섭 광을 상기 참조 미러로부터의 복귀 저간섭 광과 광 간섭시킴으로써 단층상을 취득하도록 구성된 재구성 유닛과,  
 상기 저간섭 광이 주사되는 2차원 주사 영역의 중앙부 및 양 단부에서 3개 이상의 단층상을 취득하도록, 상기 제2 광학 부재를 구동시키도록 구성된 구동 유닛과,  
 상기 재구성 유닛에 의해 취득된 단층상들로부터 망막층을 추출하도록 구성된 추출 유닛과,  
 상기 추출 유닛에 의해 추출된 망막층이 상기 단층상의 심도 방향에 대해 촬상 영역 외측으로 돌출하는지 여부를 검출하도록 구성된 검출 유닛과,  
 상기 3개 이상의 단층상을 표시하도록 구성된 표시 제어 유닛을 포함하고,  
 상기 표시 제어 유닛은, 상기 망막층이 돌출한 것으로 검출된 각각의 단층상의 표시 형태와, 다른 단층상들의 표시 형태를 상이하게 하도록 상기 단층상을 표시하는, 단층 촬영 장치.

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

#### 청구항 21

삭제

#### 청구항 22

삭제

### 명세서

#### 기술분야

[0001]

본 발명은, 단층 촬영 장치(tomography apparatus) 및 그 제어 방법에 관한 것으로서, 특히 안과 진료 등에 이용되는 단층 촬영 장치 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002]

OCT[광 간섭 단층 촬영(Optical Coherence Tomography)] 등을 채용한 눈(eye) 단층 촬영 장치는, 망막층의 내

부 상태를 3차원적으로 관찰하는 것이 가능해서, 질병을 보다 정확하게 진단하는데 유용하여, 최근 주목을 받고 있다.

[0003]

도 5의 (a) 및 (b)는 안저(fundus)에서의 OCT의 계측 영역 및 대응하는 망막의 단층상을 각각 도시하는 설명도이다. 도 5의 (a)에서, 도면부호 501은 안저 화상을 나타내고,  $R_{xy}$ 는 안저의 평면(x축은 수평방향, y축은 수직방향)에서의 2차원의 OCT 계측 영역을 나타낸다. 도 5의 (a)의 예에서,  $R_{xy}$ 는 사각형 영역이다. 또한, 도 5의 (b)에 도시된  $T_1$  내지  $T_n$ 은 계측 영역  $R_{xy}$ 에 대해 망막의 심도 방향으로 촬영을 행함으로써 얻어진 황반부의 2차원 단층상(B-주사 화상)이다. 각각의 단층상은, 망막의 심도 방향으로 주사하는 복수의 주사 라인(이후, "A-주사 라인"이라고 지칭함)으로 구성된다. z축은 이 A-주사 방향을 나타내고,  $R_z$ 는 z축 방향에 있어서의 심도 방향의 1차원의 OCT 계측 영역을 나타낸다. OCT를 채용한 촬영에서는, 안저에 대해 설정된 계측 영역  $R_{xy}$ 를 연속으로 래스터 주사(x축 방향의 주사를 "주주사"로, y축 방향의 주사를 "부주사"라고 지칭함)함으로써, 단층상 그룹에 대한 3차원 데이터를 한번에 취득할 수 있다. 또한, M은 중심와(fovea)를 나타내고, A는 내측 경계막을 나타내며, B는 망막 색소 상피층 경계를 나타낸다. 내측 경계막 A와 망막 색소 상피층 경계 B 사이의 망막층의 영역은, 실명의 주 원인이 되는 녹내장 및 노인 황반 변성 등의 질병의 해부학적 특성이 이 영역에 나타나기 때문에, OCT의 단층상을 이용하여 진단하는데 매우 유용하다. 이러한 이유로, 단층상을 촬영할 때에는, 이 영역이 단층상의 심도 방향의 상단 또는 하단에서 컷오프(cut off)되지 않도록 촬영을 행하는 것이 중요하다.

[0004]

통상적인 OCT 장치에서 3차원 데이터를 촬영하기 전의 피검안(test-subject eye)을 관찰할 때에는, 계측 영역  $R_{xy}$ 의 중심만을 통과하는 1매 이상의 단층상이 실시간으로 취득되어 표시된다. 이렇게 함으로써, 단층상에 망막층의 전체 영역이 피팅되었는지를 시각적으로 체크하고, 촬영 위치를 적절하게 조정할 수 있다. 또한, 일본 특허 공개 제2008-154939호 공보는, 피검안 관찰시에 취득된 1매의 단층상을 해석하고, 단층상에 망막층이 나타나는지 여부를 판정함으로써, 단층상에 망막층이 나타나도록 자동적으로 촬영 위치를 조정하는 기술을 개시하고 있다.

[0005]

그러나, 상술된 기술에서는, 촬영자 또는 컴퓨터가 계측 영역  $R_{xy}$ 의 중심을 통과하는 몇 매의 단층상만을 관찰하므로, 이후에 촬영되는 3차원 데이터에 전체 망막층이 적절하게 피팅되는지 여부를 피검안 관찰시에 판정할 수 없었다. 특히, 망막층의 만곡이 심한 근시안을 촬영하는 경우, 피검안 관찰시에 계측 영역  $R_{xy}$ 의 중심을 통과하는 단층상에 전체 망막층이 피팅되더라도, 중심으로부터 떨어진 위치의 단층상에는 전체 망막층이 적절하게 피팅되지 않을 가능성이 있다. 그러한 경우, 촬영은 실패가 되고, 결과적으로 단층상을 재촬영할 필요가 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006]

본 발명은 상술된 문제점을 감안하여 이루어진 것이며, 본 발명의 전형적인 일 실시형태에 따르면, 광 간섭 단층 촬영을 채용한 촬영 장치에 있어서, 설정된 계측 영역에서 단층상의 심도 방향으로 촬영 위치를 용이하고 적절하게 설정하는 것이 가능하다.

### 과제의 해결 수단

[0007]

본 발명의 일 양태에 따르면, 광 간섭 단층 촬영에 의해 안저의 단층상을 촬영하는 단층 촬영 장치의 제어 방법으로서, 안저에서의, 단층상이 촬영되어야 할 계측 영역을 설정하는 설정 단계와; 상기 광 간섭 단층 촬영을 이용하여, 상기 계측 영역의 복수의 미리결정된 위치에서 단층상을 취득하는 취득 단계로서, 상기 미리결정된 위치의 개수는 진단용의 촬영의 경우보다 적은, 취득 단계와; 상기 취득 단계에서 취득된 단층상을 실시간으로 표시 장치의 화면 상에 일렬로 표시하는 표시 제어 단계를 포함하는, 단층 촬영 장치의 제어 방법이 제공된다.

[0008]

본 발명의 다른 양태에 따르면, 광 간섭 단층 촬영에 의해 안저의 단층상을 촬영하는 단층 촬영 장치의 제어 방법으로서, 안저에서의, 단층상이 촬영되어야 할 계측 영역을 설정하는 설정 단계와; 상기 광 간섭 단층 촬영을 이용하여, 상기 계측 영역의 복수의 미리결정된 위치에서 단층상을 취득하는 취득 단계로서, 상기 미리결정된 위치의 개수는 진단용의 촬영의 경우보다 적은, 취득 단계와; 상기 취득 단계에서 취득된 각각의 단층상으로부터 망막층을 추출하는 추출 단계와; 상기 추출 단계에서 추출된 망막층의 단층상에서의 심도 방향의 위치에 기초하여, 상기 망막층이 심도 방향의 촬영 영역 외측으로 돌출하지 않도록 상기 광 간섭 단층 촬영에서 이용되는

참조 mirrors의 위치를 조정하는 조정 단계를 포함하는, 단층 촬영 장치의 제어 방법이 제공된다.

[0009] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 광 간섭 단층 촬영에 의해 안저의 단층상을 촬상하는 단층 촬영 장치로서, 안저에서의, 단층상이 촬상되어야 할 계측 영역을 설정하는 설정 유닛과; 상기 광 간섭 단층 촬영을 이용하여, 상기 계측 영역의 복수의 미리결정된 위치에서 단층상을 취득하는 취득 유닛으로서, 상기 미리결정된 위치의 개수는 진단용의 촬상의 경우보다 적은, 취득 유닛과; 상기 취득 유닛에 의해 취득된 단층상을 실시간으로 표시 장치의 화면 상에 일렬로 표시하는 표시 제어 유닛을 포함하는, 단층 촬영 장치가 제공된다.

[0010] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 광 간섭 단층 촬영에 의해 안저의 단층상을 촬상하는 단층 촬영 장치로서, 안저에서의, 단층상이 촬상되어야 할 계측 영역을 설정하는 설정 유닛과; 상기 광 간섭 단층 촬영을 이용하여, 상기 계측 영역의 복수의 미리결정된 위치에서 단층상을 취득하는 취득 유닛으로서, 상기 미리결정된 위치의 개수는 진단용의 촬상의 경우보다 적은, 취득 유닛과; 상기 취득 유닛에 의해 취득된 각각의 단층상으로부터 망막층을 추출하는 추출 유닛과; 상기 추출 유닛에 의해 추출된 망막층의 단층상에서의 심도 방향의 위치에 기초하여, 상기 망막층이 심도 방향의 촬상 영역 외측으로 돌출하지 않도록 상기 광 간섭 단층 촬영에서 이용되는 참조 mirrors의 위치를 조정하는 조정 유닛을 포함하는, 단층 촬영 장치가 제공된다.

[0011] 본 발명의 추가적인 특징은 첨부된 도면을 참조하여 하기의 예시적인 실시예의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 일 실시형태에 따른 단층 촬영 장치의 기능 구성을 도시하는 도면.

도 2는 단층상 취득 유닛(103)의 디바이스 구성 및 기능 구성을 도시하는 도면.

도 3은 실시형태에 따른 처리 수순을 도시하는 플로우차트.

도 4는 스텝 S310의 처리 수순을 도시하는 플로우차트.

도 5의 (a) 및 (b)는 안저에서의 OCT의 계측 영역 및 촬상된 3차원 데이터를 각각 도시하는 도면.

도 6a는 단층상 취득 위치를 도시하는 도면.

도 6b는 취득된 단층상을 도시하는 도면.

도 7은 단층상의 화상 데이터(컷오프 없음)를 일렬로 표시하는 표시 방법의 일례를 도시하는 도면.

도 8은 단층상의 화상 데이터(컷오프 있음)를 일렬로 표시하는 표시 방법의 일례를 도시하는 도면.

도 9는 내측 경계막이 컷오프된 경우에 행해지는 경고 표시를 도시하는 도면.

도 10은 망막 색소 상피층 경계가 컷오프된 경우에 행해지는 경고 표시를 도시하는 도면.

도 11a 및 도 11b는 컷오프된 망막층의 추정 라인과 단층상 사이의 위치 관계를 도시하는 도면.

도 12는 실시형태에 따른 단층 촬영 장치의 디바이스 구성을 도시하는 도면.

도 13a 내지 도 13f는 계측 영역에 대응하는 중앙 위치 및 단부 위치를 도시하는 도면.

도 14a 및 도 14b는 망막층의 컷오프를 설명하는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 실시형태 1

[0014] 본 실시형태에서는, 광 간섭 단층 촬영(이하, "OCT"라고 지칭함)에 의해 피검안의 단층 화상을 촬상할 때에, 계측 영역에 있어서 복수 부위를 반복적으로 주사하면서 단층상을 표시함으로써, 촬상되는 화상 내에 계측 대상 전체가 피팅되도록 조정을 행할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 실시형태에 따른 단층 촬영 장치에서는, OCT에 의한 진단용의 3차원 데이터를 촬상하기 전의 피검안 관찰시에, 피검안의 계측 영역  $R_W$ 의 중앙 위치 및 단부 위치에서의 단층상을 취득하고, 취득된 단층상을 실시간으로 확인 화면 상에 일렬로 표시한다. 여기서, 망막의 3차원 형상은 타원체에 근사할 수 있으므로, 계측 영역  $R_W$ 의 중심으로부터 외측을 향하는 거리가 증가함에 따라, 중앙과 망막의 심도(z축) 방향의 위치 사이의 차이가 단조적으로(monotonically) 증가하는 특성을 갖는다. 이

러한 특성에 따라, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙 위치 및 단부 위치에서의 단층상의 상태를 관찰할 수 있어, 이후에 촬영되는 3차원 데이터에 전체 망막층이 피팅되는지 여부를 촬영자가 항상 인식할 수 있게 한다. 여기서 지칭되는 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙 위치 및 단부 위치는, 각각, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중심을 통과하는 위치와, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 가장 외측의 단부에서의 영역을 포함하는 위치이다. 이하에 몇몇 구체예를 설명한다.

[0015]

도 13a 내지 도 13f는 계측 영역  $R_{XY}$ 에 대응하는 중앙 위치 및 단부 위치를 도시하는 도면이다. 도 13a 및 도 13b는, 계측 영역  $R_{XY}$ 가 사각형인 경우의 중앙 위치 및 단부 위치를 도시하는 2종류의 도면이다. 도 13c 및 도 13d는, 계측 영역  $R_{XY}$ 가 평행사변형인 경우의 중앙 위치 및 단부 위치를 도시하는 2종류의 도면이다. 도 13e 및 도 13f는, 계측 영역  $R_{XY}$ 가 원형인 경우의 중앙 위치 및 단부 위치를 도시하는 2종류의 도면이다. 도 13a 내지 도 13f의 도면에 있어서, 도면부호 1301은 안저 화상을 나타내고,  $R_{XY}$ 는 2차원의 계측 영역을 나타낸다. 또한, 도면부호 1302, 1306, 1310, 1314, 1318, 1321은 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙의 위치를 나타낸다. 또한, 1303 및 1304, 1307 및 1308, 1311 및 1312, 1315 및 1316, 1319 및 1322는 단부의 위치를 나타낸다. 또한, 도 13c 및 도 13d에 있어서,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ 는 계측 영역  $R_{XY}$ 의 4개의 정점(vertex)을 나타낸다.

[0016]

여기서, 이들 도면의 중앙 위치 및 단부 위치는, 모두 상술된 정의를 충족시키는 위치들이다. 계측 영역  $R_{XY}$ 가 사각형인 경우에는, 중앙 위치 및 단부 위치는, 도 13a에 도시된 바와 같이 x축과 평행한 선분일 수 있거나, 또는 도 13b에 도시된 바와 같이 y축과 평행한 선분일 수 있다. 계측 영역  $R_{XY}$ 가 평행사변형인 경우에는, 중앙 위치 및 단부 위치는, 도 13c에 도시된 바와 같이 변  $P_1P_4$ 와 평행한 선분일 수 있거나, 또는 도 13d에 도시된 바와 같이 변  $P_1P_2$ 와 평행한 선분일 수 있다.

[0017]

계측 영역  $R_{XY}$ 가 원형인 경우에는, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙 위치는, 도 13e에 도시된 바와 같이 x축과 평행한 선분일 수 있거나, 또는 도 13f에 도시된 바와 같이 y축과 평행한 선분일 수 있다. 여기서, 단부 위치는, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 원주에 대응하는 위치이다. 즉, 원형 주사에 의해 얻어진 단층상이 이용된다. 이하에 설명하는 본 실시형태는 도 13a에 도시된 경우의 구체예를 취하고 있지만, 계측 영역의 형상과 중앙 위치 및 단부 위치는 이러한 예에 한정되지 않는다.

[0018]

중앙 위치 및 양 단부 위치에서의 단층상을 실시간으로서 표시함으로써, 유저는 망막층이 심도 방향의 계측 영역 외측으로 돌출하는지(심도 방향에 대해 컷오프되었는지) 여부를 용이하게 판정할 수 있다. 또한, 실시간으로 표시되는 중앙부 및 양 단부의 단층상을 보면서 OCT 참조 미러를 이동시킬 수 있으므로, 유저는 참조 미러를 적절한 위치로 용이하게 세팅할 수 있다. 또한, 단층상에서의 계측 영역의 심도 방향에 있어서 망막층이 컷오프되었는지 여부를 검출하고, 망막층이 컷오프되었다면, 이를 나타내는 경고가 제시됨으로써, 촬영자가 망막층의 컷오프를 인식하는 지원을 행하도록 한다. 여기서, 망막층의 심도 방향의 컷오프는, 예를 들면 망막층이 단층상의 상변 또는 하변과 접촉하거나 또는 교차하는지 여부를 판정함으로써 검출된다. 또한, 단층상에서의 망막층의 위치를 검출하고, 망막층이 단층상에서 컷오프되지 않도록 z축 방향의 계측 심도를 자동적으로 조정하는 능력이 제공되어, 촬영자의 부담을 완화시키고, 또한 촬영 실패를 방지한다. 이하에 구체예를 설명한다.

[0019]

도 14a 및 도 14b는 망막층의 컷오프를 도시하기 위한 도면이다. 도 14a 및 도 14b는, 각각, 망막층이 단층상의 상변 및 하변에서 컷오프된 일례를 도시하는 도면이다. 여기서, 도 14a 및 도 14b에 각각 도시된 도면부호 1401 및 1402는, 이들 경우에 도시된 화상 내에서 망막층이 컷오프되어 있는 단층상을 나타낸다. 이들 도면에 있어서, x축은 주주사 방향, z축은 A-주사 방향이다. 이들 도면에 도시된 바와 같이, 단층상의 좌표의 범위는  $0 \leq x \leq x_{\max}$ ,  $0 \leq z \leq z_{\max}$ 이다. 도 14a에 있어서, A는 안저의 내측 경계막을 나타낸다. 도 14a에 있어서, 내측 경계막 A는  $z=0$ (단층상의 상변)에서의 직선과 교차하므로, 도 14a는 내측 경계막 A가 컷오프된 상태를 도시한다. 도 14b에 있어서, B는 망막 색소 상피층 경계를 나타낸다. 도 14b에 있어서, 망막 색소 상피층 경계 B는  $z=z_{\max}$ (단층상의 하변)에서의 직선과 교차하므로, 도 14b는 망막 색소 상피층 경계 B가 컷오프된 상태를 도시한다. 이렇게, 본 실시형태에서의 망막층의 컷오프는, 구체적으로는 내측 경계막 또는 망막 색소 상피층 경계의 컷오프를 지칭한다.

[0020]

다음으로, 도 1의 블록도 및 도 3의 플로우차트를 참조하여, 본 실시형태에 따른 단층 촬영 장치(10)의 구성, 및 단층 촬영 장치(10)에 의해 실행되는 구체적인 처리 수순을 설명한다.



- [0021] 스텝 S301에서, 계측 영역 취득 유닛(101)은, 피검자(test subject)의 안저에 대한 2차원의 계측 영역  $R_{XY}$ 를 설정하기 위한 조작자로부터의 지시 정보를 지시 취득 유닛(100)으로부터 취득하고, 계측 영역  $R_{XY}$ 를 특정한다. 이러한 지시 정보는, 단층 촬영 장치(10)에 구비된 키보드 또는 마우스(도시되지 않음)를 통해 조작자에 의해 입력된다. 안저의 계측 영역  $R_{XY}$ 에 관한 지시의 일례로서, 계측 영역 취득 유닛(101)은 단층상 취득 대상의 안저의 부위 또는 위치의 지정 등의 지시(지시 1로 정의됨)를 취득한다. 그리고, 계측 영역 취득 유닛(101)은 이러한 지시 1의 내용에 기초하여 사각형인 계측 영역  $R_{XY}$ 를 특정한다. 특정된 계측 영역  $R_{XY}$ 는 단층상 취득 위치 설정 유닛(102)으로 송신된다.
- [0022] 스텝 S302에서, 단층상 취득 위치 설정 유닛(102)은, 계측 영역 취득 유닛(101)으로부터 계측 영역  $R_{XY}$ 를 취득하고, 이 계측 영역 내에서 단층상이 취득되는 위치(이후, 단층상 취득 위치 P라고 지칭함)를 설정한다. 미리 결정된 개수의 위치가 단층상 취득 위치 P로서 설정되고, 이러한 개수는 진단용의 촬영을 행하는 경우보다 적다. 본 스텝에서는, 단층상 취득 위치 P로서, 예를 들면 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙 위치 및 단부 위치가 설정된다. 물론, 단층상 취득 위치 P는 이 조합에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 중앙과 양 단부 각각 사이에 취득 위치를 추가함으로써, 5개의 단층상 취득 위치 P가 설정될 수 있다.
- [0023] 도 6a는 계측 영역  $R_{XY}$ 에서의 단층상 취득 위치 P를 도시하는 도면이다. 여기서, 도면부호 601은 안저 화상을 나타내고, 안저 화상(601) 내의  $R_{XY}$ 는 2차원의 계측 영역을 나타낸다. 또한, 계측 영역  $R_{XY}$ 내의 C는 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중심을 통과하고 도면의 x축에 평행한 선분(이후, 중앙부라고 지칭함)을 나타내고, U는 계측 영역  $R_{XY}$ 의 윗변(이후, 상단부라고 지칭함)을 나타내고, L은 계측 영역  $R_{XY}$ 의 하변(이후, 하단부라고 지칭함)을 나타낸다. 본 실시형태에서, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙부 C, 상단부 U 및 하단부 L의 3개의 위치는 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙부와 양 단부를 나타내는 위치로서 적용된다. 이들 위치는 도 13a에서 대응된다(1302 내지 1304). 후술하는 바와 같이 단층상 취득시에, 중앙부 C, 상단부 U 및 하단부 L에서의 이들 위치의 z축 방향의 계측 영역  $R_z$ 의 영역이 단층상을 취득하기 위해 주사된다. 그러나, 상술한 바와 같이, 계측 영역  $R_{XY}$ 의 중앙과 단부의 위치는 전술한 것에 한정되지 않고, 이들 위치는 도 13b 내지 도 13f에 도시된 바와 같은 위치일 수 있다. 이렇게 해서 설정된 단층상 취득 위치 P(중앙부 C, 상단부 U, 하단부 L)는 단층상 취득 유닛(103)으로 송신된다.
- [0024] 스텝 S303에서, 이동량 설정 유닛(109)은 망막의 심도 방향의 계측 위치를 수동 설정하기 위한 조작자로부터의 지시 정보를 지시 취득 유닛(100)으로부터 취득한다. 이러한 지시는 도시되지 않은 유저 인터페이스를 이용하여, 조작자에 의해 입력된다. 계측 위치를 설정하기 위한 지시의 일례로서, 이동량 설정 유닛(109)은 심도 방향(z축 방향)으로 계측 위치가 이동되는 만큼의 이동량(이후, 심도 방향 이동량 D라고 지칭함)을 취득한다. 그리고, 설정된 심도 방향 이동량 D는 단층상 취득 유닛(103)으로 송신된다.
- [0025] 스텝 S303에서, 단층상 취득 유닛(103)은 단층상 취득 위치 설정 유닛(102)으로부터 취득한 단층상 취득 위치 P 및 이동량 설정 유닛(109)으로부터 취득한 심도 방향 이동량 D에 기초하여, 피검안의 단층상을 촬영한다.
- [0026] 본 실시형태에서, 단층상 취득 유닛(103)은 푸리에 도메인 방식의 OCT를 채용한다. 도 2는 단층상 취득 유닛(103)의 기능 및 장치 구성의 일례를 도시한다. 단층상 취득 유닛(103)은, 단층상 취득 위치 P에 따라 갈바노 미러 구동 기구(203)를 제어하여, 갈바노 미러(204)를 구동한다. 갈바노 미러 구동 기구(203)는, 신호광을 주 주사 및 부주사 방향(도 6a에서 x축 및 y축 방향)으로 주사하도록 갈바노 미러(204)를 구동시킨다. 여기서, 도 6a의 중앙부 C, 상단부 U, 하단부 L의 3개의 위치를 실시간으로 촬영하기 때문에, 1회의 주주사로 이들 3개의 위치가 동시에 주사되도록 제어가 행해진다. 구체적으로는, 부주사 방향으로 주사 위치를 중앙부 C, 상단부 U, 하단부 L의 사이에서 고속으로 전환함으로써, 부주사의 위치를 고정한 상태로 주주사를 행하는 경우의 1/3의 샘플링 간격으로 주주사 방향으로 주사가 행해지도록, 제어가 행해진다. 또한, 단층상 취득 유닛(103)은 심도 방향 이동량 D에 따라 참조 미러 구동 기구(209)를 제어하여, 참조 미러(202)를 구동시킨다.
- [0027] 저간섭 광원(200)으로부터의 광 빔은, 하프 미러(201)에 의해, 대물 렌즈(210)를 통해 피측정 물체(211)를 향하는 신호광과 참조 미러(202)를 향하는 참조광으로 분할된다. 다음으로, 피측정 물체(211) 및 참조 미러(202)에 의해 각각 반사된 신호광 및 참조광을 중첩함으로써 간섭 광이 생성된다. 이러한 간섭 광은 회절 격자(205)에 의해 파장  $\lambda_1$  내지  $\lambda_n$ 의 파장을 갖는 파장 성분으로 분광되고, 파장 성분은 1차원 광 센서 어레이(206)에 의해 검출된다. 1차원 광 센서 어레이(206)는, 검출된 파장 성분의 광 강도를 나타내는 검출 신호를 화상 재구성



유닛(208)으로 출력하는 광 센서로 구성된다.

[0028] 화상 재구성 유닛(208)은, 1차원 광 센서 어레이(206)로부터 출력된 간섭 광의 파장 성분의 검출 신호에 기초하여, 이러한 간섭 광의 파장과 광 강도 사이의 관계, 즉 간섭 광의 광 강도 분포(파장 스펙트럼)를 얻는다. 얻어진 간섭 광의 파장 스펙트럼에 푸리에 역변환을 행하고, 망막의 단층상을 재구성한다.

[0029] 도 6b는 중앙부 C, 상단부 U, 하단부 L에서 취득된 단층상을 도시하는 도면이다. 여기서,  $R_z$ 는, 도 5b와 마찬가지로, z축 방향에 있어서의 1차원의 계측 영역을 나타낸다. 이 계측 영역  $R_z$ 는 단층상의 심도 방향의 범위이고, 제어 하에서 이동된 참조 미러(202)의 위치에 기초하여 결정된다. 도 6b에서,  $T_c$ 는 도 6a의 중앙부 C에 대응하는 단층상(이후, 중앙부 단층상이라고 지칭함)을 나타내고,  $T_u$ 는 도 6a의 상단부 U에 대응하는 단층상(이후, 상단부 단층상이라고 지칭함)을 나타내고,  $T_l$ 은 도 6a의 하단부 L에 대응하는 단층상(이후, 하단부 단층상이라고 지칭함)을 나타낸다. 촬영된 단층상의 화상 데이터는 저장 유닛(104)으로 송신된다.

[0030] 다음으로, 스텝 S305에서, 표시 방법 설정 유닛(105)은 저장 유닛(104)에 저장된 단층상의 화상 데이터를 취득하고, 단층상의 화상 데이터를 일렬로 동시에 표시하는 표시 방법으로 설정한다(표시 방법 1로서 정의됨).

[0031] 도 7은 표시 방법 1에 따른 표시의 일례를 도시한다. 여기에서,  $T_u$ 는 상단부 단층상을 나타내고,  $T_c$ 는 중앙부 단층상을 나타내고,  $T_l$ 은 하단부 단층상을 나타낸다. 또한, 도 5b와 마찬가지로, A는 단층상 내의 내측 경계막을 나타내고, B는 망막 색소 상피층 경계를 나타낸다. 도 7에 도시된 바와 같이, 본 실시형태에서 적용된 방법은 상단부 단층상  $T_u$ , 중앙부 단층상  $T_c$ , 하단부 단층상  $T_l$ 이 언급된 순서로 상부로부터 일렬로 표시되는 방법이다. 그러나, 단층상의 표시 방법은 이에 한정되지 않고, 단층상이 일렬 상태(inline condition)로 동시에 체크되는 것이 가능한 임의의 방법일 수 있다. 예를 들면, 이들 단층상은 수평 또는 대각선으로 배열되어(line up) 표시될 수 있다. 또한, 도 8은, 망막층이 컷오프된 경우의 표시 방법 1에 따른 표시의 일례를 도시한다. 도 7과 마찬가지로, 도 8의  $T_u$ ,  $T_c$ ,  $T_l$ , A, B는 상단부 단층상, 중앙부 단층상, 하단부 단층상, 내측 경계막, 망막 색소 상피층 경계를 나타낸다. 도 8에서, 상단부 단층상  $T_u$  및 하단부 단층상  $T_l$ 의 상면에서, 내측 경계막 A가 컷오프된다. 단층상을 배열하는 방법은 도 7과 동일하다.

[0032] 이러한 방식으로, 중앙과 단부에서의 단층상을 일렬로 표시함으로써, 유저는 단층상으로부터 망막층이 컷오프되었는지 여부를 체크할 수 있어서, 사용자는 촬영 후에 얻어진 3차원 데이터에서 망막층이 컷오프되었는지 여부를 판정할 수 있다. 설정된 표시 방법 1에 관한 데이터 및 표시되는 단층상의 화상 데이터는 표시 유닛(106)으로 송신된다.

[0033] 다음에, 스텝 S306으로부터 S308의 처리는, 단층상에서 망막층의 컷오프를 검출하고, 컷오프가 검출된 단층상의 표시 형태(display form)를 다른 단층상과 다르게 함으로써 경고가 표시되는 처리이다. 우선, 스텝 S306에서, 망막층 추출 유닛(107)은 저장 유닛(104)에 저장된 단층상의 화상 데이터를 취득하고, 화상 해석을 통해 각각의 단층상으로부터 망막층을 추출한다.

[0034] 본 스텝에서는, 망막층으로서 두개의 층, 즉 도 7의 내측 경계막 A 및 망막 색소 상피층 경계 B가 추출된다. 내측 경계막 A는 화상에서 저휘도의 영역으로서 추출되는 상측의 유리체 영역과, 고휘도의 영역으로서 추출되는 하측의 신경섬유층 사이에 개재된 경계이므로, 내측 경계막 A는 휘도 구배가 커지는 성질이 있다. 이러한 관점에서, 본 실시형태에서는, 1개의 A-주사 라인에서 화상의 상단부로부터 시작되어 z축 플러스 방향의 순서로 주목 화소를 주사하고, 주목 화소 근방의 화상 구배가 소정 임계값  $T_A$ 를 초과한 위치를 검출함으로써 검출된 위치의 화소를 내측 경계막 A에 대응하는 화소로서 추출한다. 이는 모든 A-주사 라인에 대하여 반복되어, 단층상으로부터 내측 경계막을 추출한다.

[0035] 또한, 망막 색소 상피층 경계 B와 그의 하나의 수준 위의 경계인 시세포 내 절/외절 접합부(IS/OS) 사이에 개재된 영역(망막 색소 상피층)이 특히 망막층 내의 고휘도 영역으로서 추출된다. IS/OS 위의 영역이 이러한 영역에 비해 비교적 낮은 휘도를 갖기 때문에, IS/OS는 화상의 휘도 구배가 커지는 성질을 갖는다. 이러한 관점에서, 본 실시형태에서는, 1개의 A-주사 라인에서, 추출된 내측 경계막 A의 위치를 기점으로 이용하여 z축 플러스 방향으로 주목 화소를 주사하고, 주목 화소 근방의 화상 구배가 소정의 임계값  $T_l$ 을 초과한 위치를 검출하여, 검출된 위치의 화소를 IS/OS에 대응하는 화소로서 추출한다. 이는 모든 A-주사 라인에 대하여 반복되어, 단층상으로부터 IS/OS 층을 추출한다.

- [0036] 그리고, 1개의 A-주사 라인에서, IS/OS를 기점으로 이용하여 z축 플러스 방향으로 주목 화소를 또한 주사하고, 휘도값이 소정 임계값  $T_B$ 보다도 낮아지는 위치를 검출하여, 검출된 위치의 화소를 망막 색소 상피층 경계 B에 대응하는 화소로서 추출한다. 이는 모든 A-주사 라인에 대하여 반복되어, 망막 색소 상피층 경계 B의 층을 추출한다. 그리고, 단층상의 화상 데이터 및 추출된 망막층 데이터(내측 경계막, IS/OS, 망막 색소 상피층 경계의 3개의 경계 데이터)는 망막층 컷오프 검출 유닛(108)으로 송신된다.
- [0037] 스텝 S307에서, 망막층 컷오프 검출 유닛(108)은 망막층 추출 유닛(107)으로부터 취득된 단층상의 화상 데이터 및 망막층 데이터에 기초하여 망막층의 컷오프를 검출하고, 망막층의 컷오프를 검출한 망막층 데이터를 생성한다. 이러한 데이터는 망막층 컷오프 검출 데이터로서 정의된다. 컷오프, 즉 망막층이 심도 방향의 계측 영역 외측으로 돌출된 것이 검출되면, 망막층이 컷오프된 것을 나타내는 플래그를 참(True)으로 설정하고, 컷오프가 검출되지 않은 경우에는, 플래그를 거짓(False)으로 설정한다. 이러한 플래그는 컷오프 검출 플래그 E로서 정의된다. 이어서, 컷오프 검출 플래그 E가 참인 경우, 컷오프 검출 플래그 E의 값과 망막층 컷오프 검출 데이터는 저장 유닛(104)으로 송신되고, 수순은 스텝 S308로 이동한다. 컷오프 검출 플래그 E가 거짓이면, 컷오프 검출 플래그 E의 값만이 저장 유닛(104)으로 송신되고, 수순은 스텝 S312로 이동한다.
- [0038] 본 스텝에서는, 망막층의 컷오프를 이하의 방법에 의해 검출한다. 우선, 도 8에 도시된 단층상에서 내측 경계막 A의 컷오프를 검출하는 방법을 설명한다. 1개의 A-주사 라인에서, 스텝 S306에서 검출된 내측 경계막 A 상의 점을  $p_A$ 로 설정한다. 여기서, 점  $p_A$  위(z축 마이너스의 방향)의 소정 영역(예를 들면, 대략 3개의 화소)을 참조 영역 X로서 정의한다. 그리고, 참조 영역 X의 휘도값이 내측 경계막 A 위에 원래 존재하는 유리체 영역의 휘도값에 기초하여 소정 범위 내에 있으면, 컷오프가 발생하지 않았다고 판정하고, 휘도값이 이러한 범위 내에 있지 않으면, 컷오프가 발생하였다고 판정한다. 이러한 조건식은 하기와 같이 나타내어진다.
- [0039] [수학식 (1)]
- [0040] 
$$V_{Corpus} - T_A \leq V_X \leq V_{Corpus} + T_A$$
- [0041] 수학식 (1)에서,  $V_X$ 는 참조 영역 X의 평균 휘도값이고,  $V_{Corpus}$ 는 유리체 영역의 평균 휘도값이며,  $T_A$ 는 소정의 휘도값 범위를 나타내는 플러스의 상수이다. 이러한 방식으로, 수학식 (1)이 만족되지 않는 경우에는, 점  $p_A$ 로서 검출된 점은 유리체 영역과 인접하지 않으며, 따라서 A-주사 라인 상에 내측 경계막 A가 나타나지 않고, 단층상의 윗변에서 컷오프가 발생한다고 간주된다. 또한, 점  $p_A$  위에 화소가 존재하지 않는 경우에는, 점  $p_A$ 는 단층상의 윗변에 위치하므로, 컷오프가 발생하였다고 판정된다.
- [0042] 다음으로, 망막 색소 상피층 경계 B의 컷오프를 검출하는 방법을 설명한다. 1개의 A-주사 라인에서, 스텝 S306에서 검출된 망막 색소 상피층 경계 B 상의 점을  $p_B$ 로서 설정하고, IS/OS 상의 검출된 점을  $p_I$ 로서 설정한다. 여기서, 점  $p_I$ 와  $p_B$  사이에 개재된 영역은 참조 영역 Y로서 정의된다. 그리고, 참조 영역 Y의 휘도값이 IS/OS와 망막 색소 상피층 경계 사이에 원래 개재되어 있는 망막 색소 상피층 영역의 휘도값에 기초하여 소정 범위 내에 있는 경우에는 컷오프가 발생하지 않았다고 판정하고, 이들 휘도값이 이러한 범위 내에 있지 않은 경우에는 컷오프가 발생하였다고 판정한다. 이러한 조건식은 하기와 같이 나타내어진다.
- [0043] [수학식 (2)]
- [0044] 
$$V_{RPE} - T_B \leq V_Y \leq V_{RPE} + T_B$$
- [0045] 수학식 (2)에서,  $V_Y$ 는 참조 영역 Y의 평균 휘도값이고,  $V_{RPE}$ 는 망막 색소 상피층의 평균 휘도값이며,  $T_B$ 는 소정의 휘도값 범위를 나타내는 플러스의 상수이다. 이러한 방식으로, 수학식 (2)를 만족하지 않는 경우, 점  $p_B$  및  $p_I$ 로서 검출된 점은 망막 색소 상피층 영역과 인접하지 않으며, 따라서 A-주사 라인 상에 망막 색소 상피층이 나타나지 않고, 단층상의 하변에서 컷오프가 발생한다고 간주된다. 또한, 수학식 (2)를 만족하더라도, 점  $p_B$  아래에 화소가 존재하지 않으면, 점  $p_B$ 는 단층상의 하변에 위치하고, 따라서 컷오프가 발생하였다고 판정한다.
- [0046] 전술한 바와 같이 A-주사 라인마다 컷오프에 대한 판정이 이루어진 망막층 데이터(내측 경계막 A 또는 망막 색소 상피층 경계 B)와 단층상의 화상 데이터가 합쳐지고, 이러한 합쳐진 데이터는 망막층 컷오프 검출 데이터이다.

- [0047] 다음으로, 스텝 S308에서, 표시 방법 설정 유닛(105)은 컷오프 검출 플래그 E가 참임을 나타내는 데이터 및 망막층 컷오프 데이터를 저장 유닛(104)으로부터 취득하고, 경고를 표시하는 방법(표시 방법 2로서 정의됨)으로 표시 방법을 설정한다. 후술하는 바와 같이, 표시 방법 2에서, 망막층이 심도 방향의 계측 영역 외측으로 돌출된 것이 검출된 단층상의 표시 형태를, 다른 단층상의 표시 형태(망막층이 계측 영역 외측으로 돌출되지 않은 단층상의 표시 형태)와 다르게 한다.
- [0048] 도 9는 표시 방법 2에 따른 표시의 일례로서, 내측 경계막이 컷오프되는 경우에 행해지는 경고 표시를 도시하는 도면이다. 이러한 표시 방법은 망막층 컷오프 검출 데이터가 내측 경계막의 데이터인 경우에 적용된다. 도 9의 표시 방법 2는 도 8의 표시 방법 1의 부분들이 경고 표시용으로 변경된 것에 대응한다. 도 9에서,  $T_U$ 는 상단부 단층상을 나타내고,  $T_C$ 는 중앙부 단층상을 나타내며,  $T_L$ 은 하단부 단층상을 나타낸다. 또한, 도면부호 901은 내측 경계막이 컷오프되었다는 것을 문장을 이용하여 통신하는 경고 표시를 나타내고, 902은 컷오프가 발생한 내측 경계막의 끝점의 위치를 지시하는 화살표를 나타낸다. 또한, 단층상에서 컷오프가 발생한 내측 경계막 A는 강조를 위해 굵은 라인을 이용하여 나타내어진다. 도 9에서, 내측 경계막에 컷오프가 발생한 단층상  $T_U$ 와  $T_L$ 은 확대 크기로 도시되고, 컷오프가 발생하지 않은 단층상  $T_C$ 는 축소 크기로 도시된다.
- [0049] 또한, 도 10은 표시 방법 2에 따른 표시의 일례로서, 망막 색소 상피층 경계가 컷오프되는 경우에 표시되는 경고 표시를 도시하는 도면이다. 이러한 표시 방법은 망막층 컷오프 검출 데이터가 망막 색소 상피층 경계의 데이터인 경우에 적용된다. 도 10에서,  $T_U$ 는 상단부 단층상을 나타내고,  $T_C$ 는 중앙부 단층상을 나타내며,  $T_L$ 은 하단부 단층상을 나타낸다. 또한, 도면부호 1001은, 망막 색소 상피층 경계가 컷오프되었다는 것을 문장을 이용하여 통신하는 경고 표시를 나타내고, 1002는 컷오프가 발생한 망막 색소 상피층 경계의 끝점의 위치를 지시하는 화살표를 나타낸다. 또한, 단층상에서 컷오프된 망막 색소 상피층 경계 B는 강조를 위해 굵은 라인을 이용하여 나타내어진다. 도 10에서, 망막 색소 상피층 경계가 컷오프된 단층상  $T_U$ 와  $T_L$ 은 확대 크기로 도시되고, 컷오프가 발생되지 않은 단층상  $T_C$ 는 축소 크기로 도시된다.
- [0050] 이렇게, 망막층이 컷오프되었다는 것을 문장으로 표시, 컷오프 개소를 표시, 강조하는 방식으로 층을 표시 및 확대된 크기로 단층상을 표시함으로써, 관찰자가 망막층이 컷오프되었다는 것을 인식하도록 돕는다. 이어서, 표시 방법 2에 대한 데이터가 표시 유닛(106)으로 송신된다. 그 후에, 스텝 S309에서, 표시 유닛(106)은 표시 방법 설정 유닛(105)으로부터 표시 방법 2의 데이터를 취득하고, 도시되지 않은 모니터 상에 취득된 데이터를 표시하도록 표시 제어를 행한다.
- [0051] 다음으로, 스텝 S310에서, 컷오프 검출 플래그 E가 참인 경우에, 이동량 설정 유닛(109)은 계측 심도의 자동 조정을 행하도록 지시하기 위한 조작자로부터의 입력이 지시 취득 유닛(100)으로부터 취득되었는지 여부를 판정한다. 이러한 지시는 도시되지 않은 유저 인터페이스를 이용하여 조작자에 의해 입력된다. 여기서, 이동량 설정 유닛(109)이 자동 조정을 행하도록 지시하는 입력을 취득했을 경우에는, 수순은 스텝 S311로 이동한다. 이러한 입력이 취득되지 않은 경우, 수순은 스텝 S303으로 되돌아간다.
- [0052] 스텝 S311에서, 이동량 설정 유닛(109)은 스텝 S310에서 취득한 망막층 컷오프 검출 데이터에 기초하여, 망막에 대하여 심도 방향의 계측 심도를 자동 조정하기 위한 이동량을 설정한다. 다음으로, 설정된 이동량에 기초하여, 단층상 취득 유닛(103)은 단층상의 화상 데이터를 취득한다. 그 다음으로, 표시 방법 설정 유닛(105)은 취득된 단층상의 표시 방법을 표시 방법 1로 설정한다. 그리고, 설정한 표시 방법 1에 관한 데이터는 표시 유닛(106)으로 송신된다. 이러한 스텝의 처리의 상세 사항에 대해서는, 도 4에 도시된 플로우차트를 참조하여 후술한다.
- [0053] 스텝 S312에서, 표시 유닛(106)은 표시 방법 설정 유닛(105)으로부터 표시 방법 1에 관한 데이터를 취득하고, 도시되지 않은 모니터 상에 단층상을 표시하도록 표시 제어를 행한다. 그리고, 스텝 S313에서, 지시 취득 유닛(100)은 단층 촬영 장치(10)에 의해 행해지는 단층상의 해석 및 표시 처리를 종료하는지의 여부를 나타내는 지시를 외부로부터 취득한다. 이러한 지시는 도시되지 않은 유저 인터페이스를 이용하여 조작자에 의해 입력된다. 취득된 지시가 처리의 종료에 대한 것이 아니고, 안전 화상의 주목 개소를 지정한 경우, 수순은 스텝 S311로 되돌아간다. 처리를 종료하는 지시를 취득했을 경우에는, 단층 촬영 장치(10)는 이러한 처리를 종료한다. 여기서 계측 영역을 변경하기 위한 유저의 지시가 취득되면, 수순은 스텝 S313 내지 S301로 되돌아간다는 점에 유의한다.
- [0054] 이러한 방식으로, 도 3에 도시된 처리를 종료하고, 계측 심도가 적절하게 설정된 후에 진단용의 촬영을 행함으

로써, 촬영자는 적절한 단층상을 보다 정확하게 얻을 수 있다.

[0055] 다음으로, 도 4를 참조하여 스텝 S311의 계측 심도의 자동 조정 처리를 설명한다.

[0056] 스텝 S401에서, 이동량 설정 유닛(109)은 망막층 컷오프 검출 유닛(108)으로부터 망막층 컷오프 검출 데이터를 취득하여 해석하고, 필요한 이동량을 설정한다(심도 방향 이동량  $D'$ 로 정의한다). 단층상의 촬상 시에, 참조 미리(202)는 심도 방향 이동량  $D$ 만큼만 이동하고, 따라서 계측 영역  $R_z$ 에서의 단층상이 취득된다. 또한, 심도 방향 이동량  $D'$ 가 설정되면, 단층상의 촬상 시에 참조 미리(202)가 이동한 심도 방향 이동량  $D$ 의 이동 개시 위치가  $D'$ 만큼만 오프셋되어, 계측 영역  $R_z$ 는  $D'$ 만큼만 오프셋된다. 이러한 스텝에서, 망막층 컷오프 검출 데이터가 내측 경계막의 컷오프를 나타내는 데이터인 경우에는, 망막층의 상변이 컷오프되어 있으므로,  $z$ 축의 마이너스의 방향으로 계측 영역  $R_z$ 가 이동된다(심도 방향 이동량  $D'$ 는 마이너스의 값이다). 한편, 망막층 컷오프 검출 데이터가 망막 색소 상피층 경계를 나타내는 데이터인 경우에는, 망막층의 하변이 컷오프되어 있으므로,  $z$ 축의 플러스의 방향으로 계측 영역  $R_z$ 가 이동된다(심도 방향 이동량  $D'$ 는 플러스의 값이다).

[0057] 우선, 내측 경계막이 컷오프된 경우(심도 방향 이동량  $D'$ 가 마이너스의 값인 경우)의 심도 방향 이동량  $D'$ 의 설정 방법을 설명한다. 본 실시형태에서,  $d_c$ 가 플러스의 상수이고, 심도 방향 이동량  $D'$ 가  $-d_c$ 가 되도록 설정이 행해지는 구성 및 망막층의 컷오프를 방지하기 위해 필요한 거리  $d_x$ (플러스의 값)가 계산되고 심도 방향 이동량  $D'$ 가  $-d_x$ 가 되도록 설정이 행해지는 구성이 가능하다.  $d_x$ 의 설정 방법을 이하에서 설명한다.

[0058] 도 11a는 컷오프된 내측 경계막의 추정 라인과 단층상 사이의 위치 관계를 도시하는 도면이다. 여기서, 도면부호 1101은 단부의 단층상(상단부 단층상 또는 하단부 단층상)을 나타내고, A는 내측 경계막을 나타낸다. 또한, A'는 컷오프된 내측 경계막의 추정 라인을 나타내고, 이는 내측 경계막 A의 윤곽을 외삽함으로써 추정된다. 또한,  $d_1$ 은 추정 라인 A'와 단층상의 윗변의 좌측 단부 사이의 거리를 나타내고,  $d_2$ 는 추정 라인 A'와 단층상의 윗변의 우측 단부 사이의 거리를 나타낸다.

[0059] 추정 라인 A'의 추정 방법으로서, 망막의 3차원 형상이 타원체에 근사할 수 있다는 점을 이용하여, 예를 들면 검출된 내측 경계막 A에 대해서 타원 형상을 피팅해서 얻어지는 곡선을 추정 라인 A'로서 적용한다. 이러한 방법은 이에 한정되지 않고, 망막의 형상을 고려한 다른 추정 방법이 사용될 수 있다.

[0060] 그리고, 거리  $d_x$ 로서, 거리  $d_1$ 과 거리  $d_2$  중 값이 큰 것이 적용된다. 도 11a의 예에서는,  $d_1 > d_2$ 이고, 따라서  $d_x = d_1$ 이다. 따라서, 단층상의 윗변으로부터, 단층상의 윗변으로부터 가장 멀리 이격된 추정 라인 A'상의 위치까지의 거리가 거리  $d_x$ 로서 설정될 수 있다. 따라서,  $z$ 축의 마이너스의 방향으로 거리  $d_x$ 만큼만 계측 영역  $R_z$ 를 이동시키는 것으로, 내측 경계막 A 전체를 단층상에 피팅하도록 할 수 있다.

[0061] 다음으로, 망막 색소 상피층 경계가 컷오프되었을 경우의 심도 방향 이동량  $D'$ 의 설정 방법을 설명한다. 이러한 경우에는, 내측 경계막이 컷오프되는 경우와 부호를 반대로 하고,  $D'$ 가  $d_c$ 이도록 또는  $D'$ 가  $d_x$ 이도록 설정이 행해질 수 있다.  $d_x$ 의 설정 방법을 이하에서 설명한다.

[0062] 도 11b는, 컷오프된 망막 색소 상피층 경계의 추정 라인과 단층상 사이의 위치 관계를 도시하는 도면이다. 여기서, 도면부호 1102는 단부의 단층상(상단부 단층상 또는 하단부 단층상)을 나타내며, B는 망막 색소 상피층 경계를 나타낸다. 또한, B'는 컷오프된 망막 색소 상피층 경계의 윤곽을 외삽해서 얻어진 추정 라인을 나타내고,  $d_3$ 은 추정 라인 B'의 가장  $z$ 좌표가 큰 위치와 단층상의 하변 사이의 거리를 나타낸다. 망막 색소 상피층 경계도 망막의 일부이므로, 추정 라인 B'도 추정 라인 A'와 마찬가지로의 방법을 이용하여 얻어질 수 있다. 그리고, 거리  $d_x$ 를  $d_3$ 로 설정하고  $z$ 축 플러스의 방향으로  $d_x$ 만큼만 계측 영역  $R_z$ 를 이동시킴으로써, 망막 색소 상피층 경계 B 전체를 단층상에 피팅하도록 할 수 있다. 이러한 방식으로 설정된 심도 방향 이동량  $D'$ 의 값은 단층상 취득 유닛(103)으로 송신된다.

[0063] 스텝 S402에서, 단층상 취득 유닛(103)은 이동량 설정 유닛(109)으로부터 취득된 심도 방향 이동량  $D'$  및 스텝 S302에서 단층상 취득 위치 설정 유닛(102)에 의해 설정된 단층상 취득 위치 P에 기초하여 피검안의 단층상을 촬상한다. 이러한 처리의 상세 내용은 스텝 S303과 마찬가지로 생략된다. 촬상된 단층상의 화상 데이터는 저장 유닛(104)으로 송신된다.

[0064] 스텝 S403에서, 망막층 추출 유닛(107)은 저장 유닛(104)에 저장된 단층상의 화상 데이터를 취득하고, 화상 해



석을 통해 망막층을 추출한다. 처리의 상세 내용은 스텝 S306과 마찬가지로 생략된다. 단층상의 화상 데이터 및 추출된 망막층의 데이터는 망막층 컷오프 검출 유닛(108)으로 송신된다. 그리고, 스텝 S404에서, 망막층 컷오프 검출 유닛(108)은 망막층 추출 유닛(107)으로부터 취득된 단층상의 화상 데이터 및 추출된 망막층의 데이터에 기초해 망막층의 컷오프를 검출한다. 이러한 처리의 상세 내용은 스텝 S307과 마찬가지로 생략된다. 컷오프 검출 플래그 E가 참인 경우, 컷오프 검출 플래그 E의 값과 망막층 컷오프 검출 데이터는 저장 유닛(104)으로 송신되고, 수순은 스텝 S401로 이동한다. 컷오프 검출 플래그 E가 거짓인 경우, 컷오프 검출 플래그 E의 값을 저장 유닛(104)으로 송신하고, 수순은 스텝 S405로 이동한다.

[0065]

스텝 S405에서, 표시 방법 설정 유닛(105)은 저장 유닛(104)에 저장된 단층상의 화상 데이터와 컷오프 검출 플래그 E가 거짓임을 나타내는 값을 취득하고, 단층상의 화상 데이터를 일렬로(inline) 동시에 표시하는 표시 방법, 즉 표시 방법 1로 설정한다. 이러한 처리의 상세 내용은 스텝 S304과 마찬가지로 생략된다. 설정된 표시 방법 1의 데이터 및 표시되는 단층상의 화상 데이터는 표시 유닛(106)으로 송신된다.

[0066]

전술한 수순에 따라 계측 심도가 자동 조정된다. 스텝 S401에서 심도 방향 이동량 D'가  $-d_c$ 로 설정되면(내측 경계막이 컷오프됨), 스텝 S402에서 참조 미러를 소정량만큼만 이동시킨 후에 단층상을 취득한다는 점에 유의한다. 따라서, 이러한 처리를 행하고 스텝 S404에서의 망막층의 컷오프를 체크하는 수순은 반복적으로 행해지고(스텝 S401 내지 S404), 이어서 망막층의 컷오프가 더이상 검출되지 않을 때에 수순은 다음 처리로 이동한다.

[0067]

한편, 스텝 S401에서 심도 방향 이동량 D'가  $-d_x$ 로 설정되는 경우, 스텝 S402에서, 컷오프의 발생을 방지하도록 필요한 거리만큼만 참조 미러를 이동시킨 후에 단층상이 촬상된다. 따라서, 스텝 S404에서 망막층의 컷오프를 한번 체크한 후에, 수순은 다음 처리로 이동한다. 대안적으로, 이 경우, 필요한 거리만큼만 참조 미러를 이동시키고, 스텝 S403 및 S404를 통해 행해지는 체크 처리가 생략될 수 있다.

[0068]

전술한 구성에 따르면, 망막의 3차원 형상은 타원체에 근사할 수 있기 때문에, 피검안의 계측 영역  $R_{xy}$ 의 중앙과 단부의 단층상을 실시간으로 관찰할 수 있고, 이는 촬상 후에 얻어지는 3차원 데이터에 전체 망막층이 피팅되는지 여부가 피검안 관찰시에 판정 가능하게 한다. 이어서, 망막층의 컷오프가 검출되었을 경우, 이를 나타내는 경고가 제시됨으로써, 촬영자가 망막층의 컷오프를 인식하는 지원을 행할 수 있다. 또한, 망막층의 컷오프가 검출되었을 경우에, 촬영자로부터의 지시에 따라 망막층의 컷오프의 상태를 해석하고, 망막층이 단층상에서 컷오프되지 않도록 망막의 심도 방향의 계측 심도를 자동 조정하여, 위치 조정을 하는 촬영자의 부담을 완화시키고, 또한 촬상 실패를 방지할 수 있다.

[0069]

한편, 망막층의 컷오프가 검출되지 않고, 촬영자가 자동 조정 지시를 부여하지 않은 경우에, 계측 심도는 수동 입력에 의해 취득될 수 있다. 이러한 구성에 따르면, 촬영자는 망막층의 컷오프를 나타내는 경고 표시를 보면서, 수동으로 계측 심도를 위치 정렬[참조 미러(202)를 위치 정렬]할 수 있다. 여기서, 참조 미러(202)의 위치 정렬을 행한 결과는 실시간으로 표시 방법 2에 따라 표시되고, 망막층의 컷오프가 해소될 때 표시 방법 1에 따른 표시가 행해진다.

[0070]

또한, 도 1의 망막층 추출 유닛(107) 및 망막층 컷오프 검출 유닛(108)과, 또한 표시 방법 설정 유닛(105)에서 행해지는 표시 방법 2에 관한 처리를 생략함으로써, 표시 방법 1만이 표시 방법 설정 유닛(105)에 적용되어, 표시 유닛(106)에 의해 실시간으로 단층상이 표시되는 구성을 달성할 수 있다. 이 경우, 망막층의 컷오프가 검출되지 않기 때문에, 이동량 설정 유닛(109)에는 촬영자로부터의 수동의 계측 심도의 지시만이 입력된다. 따라서, 촬영자는 계측 영역  $R_{xy}$ 의 중앙부와 양 단부의 위치에서 조정되지 않은 단층상을 실시간으로 관찰하면서 계측 심도를 수동으로 정렬할 수 있다. 이 경우, 도 3의 S303 내지 S305가 반복해서 실행된다.

[0071]

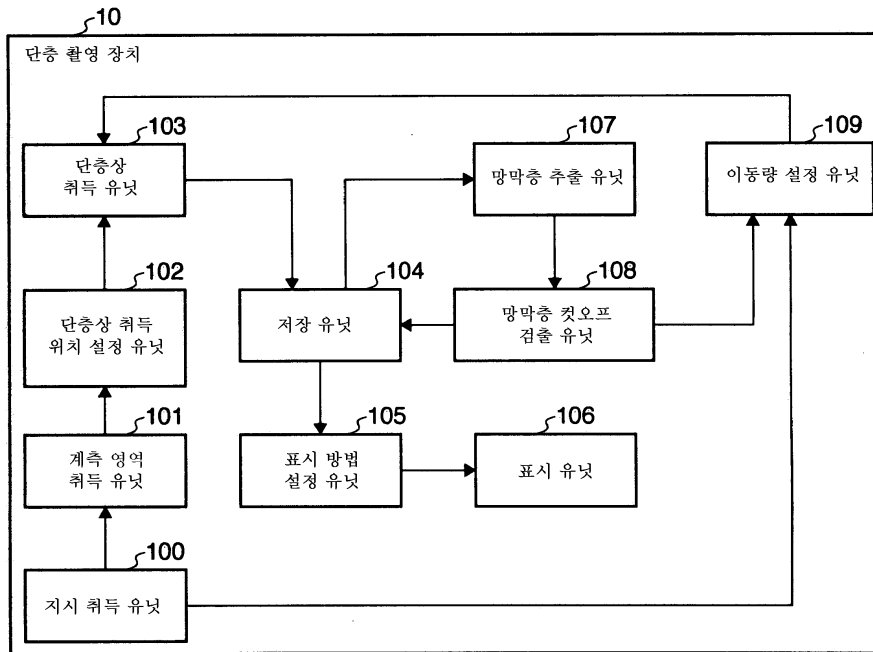
또한, 자동 조정을 행할 경우에는, 유저는 단층상을 체크할 필요가 없다. 따라서, 표시 방법 설정 유닛(105)의 표시 방법이 중앙부의 단층상 1매만을 표시하는 방법으로 설정될 수 있다. 이러한 방식으로, 양 단부의 단층상도 표시되지 않고 망막층의 컷오프에 관한 정보도 표시되지 않으며, 망막층이 컷오프되면 이동량 설정 유닛(109)이 계측 심도를 자동으로 조정하는 구성이 가능하다. 이러한 경우, 촬영자에게는 양 단부의 단층상의 상태가 제시되지 않으므로, 촬영자는 단부의 단층상의 상태를 의식하지 않고, 컴퓨터가 자동 조정한 위치에 기초하여 촬상 실패가 없는 3차원 데이터를 취득할 수 있다. 이러한 구성에서, 망막층에 컷오프가 발생하면, 단층상의 제시 이외의 소정 종류의 통지 수단(예를 들면, 음성 통지)을 이용하여 컷오프의 발생을 촬영자에게 통지한 후에, 촬영자로부터 지시를 취득하여 자동 조정을 행할 수 있고, 또는 대안적으로 촬영자에게 통지하지 않고 자동 조정이 행해질 수 있다.

- [0072] (다른 실시형태)
- [0073] 상기 실시형태에서는, 본 발명은 촬상 장치로서 구현된 것이다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 촬상 장치만으로 한정되는 것은 아니다. 본 실시형태에서는, 본 발명을 컴퓨터상에서 동작하는 소프트웨어로서 구현하는 구성을 설명한다. 도 12는 단층 촬영 장치(10)의 다양한 유닛의 기능을 소프트웨어로 구현하기 위한 컴퓨터의 기본 구성을 도시하는 도면이다.
- [0074] CPU(1201)는 RAM(1202) 및 ROM(1203)에 저장된 컴퓨터 프로그램 및 데이터를 사용하여 컴퓨터 전체의 제어를 행한다. 또한, CPU(1201)는 단층 촬영 장치(10)의 다양한 유닛에 대응하는 소프트웨어의 실행을 제어함으로써 다양한 유닛의 기능을 구현한다. RAM(1202)은 외부 저장 장치(1204)로부터 로드된 컴퓨터 프로그램 및 데이터를 일시적으로 저장하는 영역과, 또한 CPU(1201)가 다양한 처리를 행하기 위해 필요로 하는 작업 영역을 구비한다. 저장 유닛(104)의 기능은 RAM(1202)에 의해 구현된다. ROM(1203)은 일반적으로 컴퓨터 BIOS 및 설정 데이터 등을 저장한다. 외부 저장 장치(1204)는 하드 디스크 드라이브와 같은 대용량 정보 저장 장치로서 기능하는 장치이고, 외부 저장 장치(1204)는 오퍼레이팅 시스템, CPU(1201)에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 등을 저장한다. 또한, 외부 저장 장치(1204)에는 본 실시형태의 설명에서 공시된 정보가 저장되고, 이러한 정보는 필요에 따라 RAM(1202)으로 로드된다. 모니터(1205)는 액정 디스플레이 등에 의해 구성되어 있다. 예를 들어, 모니터(1205)는 표시 유닛(106)에 의해 출력되는 내용을 표시할 수 있다. 키보드(1206) 및 마우스(1207)는 입력 디바이스이며, 조작자가 단층 촬영 장치(10)에 다양한 지시를 부여하는데 사용될 수 있다. 인터페이스(1208)는 단층상 취득 유닛(103)과 데이터를 교환하기 위한 인터페이스이다. 외부 디바이스와 다양한 데이터를 교환하기 위해 IEEE1394, USB, 이더넷(등록상표) 포트 등에 의해 구성되는 인터페이스가 제공될 수 있다는 점에 유의한다. 인터페이스(1208)를 통해서 취득한 데이터는 RAM(1202)에 로드된다. 전술한 구성 요소는 버스(1209)를 통해 서로 접속된다.
- [0075] 본 실시형태의 단층 촬영 장치(10)의 다양한 유닛의 기능은 CPU(1201)가 다양한 유닛의 기능을 구현하기 위한 컴퓨터 프로그램을 실행하고, 컴퓨터 전체의 제어를 행함으로써 구현된다는 점에 유의한다. 또한, 상기 실시형태에서 개시된 흐름도에 대응하는 프로그램 코드는, 예를 들면 외부 저장 장치(1204)로부터 RAM(1202)으로 로드되어 있다고 가정한다.
- [0076] 이상 설명한 바와 같이, 상기 실시형태에 따르면, 피검안의 계측 영역의 중앙의 위치와 단부의 위치의 단층상을 실시간으로 일렬로 표시함으로써, 이후에 촬상되는 3차원 데이터에 망막층 전체가 피팅되는지 여부가 피검안 관찰시에 판정 가능하게 된다. 대안적으로, 단층상의 심도 방향의 촬상 영역으로부터 망막층이 외부로 돌출되지 않도록 자동적으로 심도 방향의 촬상 영역이 조정된다. 이는, 3차원 데이터 촬상 후에 얻어진 단층상에서 망막층이 컷오프되는 촬상 실패를 방지할 수 있다.
- [0077] 또한, 전술한 바와 같이 본 발명의 실시형태의 설명이 본 발명에 따른 바람직한 화상 처리 장치의 일례로서 주어졌지만, 본 발명은 이것에 한정되는 것은 아니라는 점에 유의한다.
- [0078] 전술한 실시형태에 따르면, 광 간섭 단층 촬영을 채용한 촬상 장치에서, 설정된 계측 영역에서 단층상의 심도 방향의 촬상 위치를 용이하고 적절하게 설정할 수 있다.
- [0079] 본 발명의 양태는 전술한 실시형태의 기능을 행하기 위해 메모리 디바이스에 기록된 프로그램을 판독하고 실행하는 시스템 또는 장치의 컴퓨터(또는 CPU 또는 MPU와 같은 디바이스)에 의해 구현될 수 있고, 전술한 실시형태의 기능을 행하기 위해 예를 들어 메모리 디바이스에 기록된 프로그램을 판독하고 실행함으로써 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해 실행되는 단계들로 구성된 방법에 의해 구현될 수 있다. 이를 위해, 프로그램은 네트워크를 통해 또는 메모리 디바이스(예를 들어, 컴퓨터 판독가능한 저장 매체)로서 제공되는 다양한 종류의 기록 매체로부터 컴퓨터에 제공될 수 있다.
- [0080] 본 발명은 예시적인 실시형태를 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시형태로 한정되지 않는다는 점이 이해될 것이다. 이하의 청구범위의 범주는 이러한 모든 변경 및 등가 구조와 기능을 모두 포함하도록 광의의 해석을 따라야 한다.
- [0081] 본 출원은 그 전체 내용이 본원에서 참조로서 합체된 2009년 8월 11일자로 출원된 일본특허출원 제2009-186779호를 우선권 주장한다.

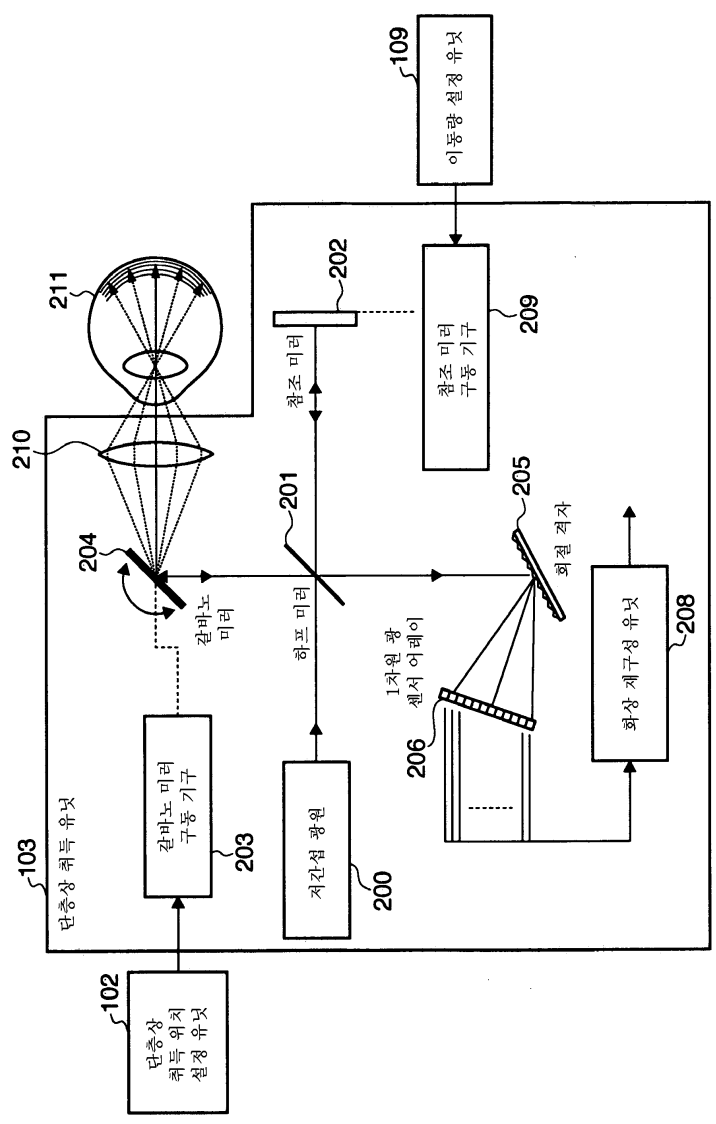


도면

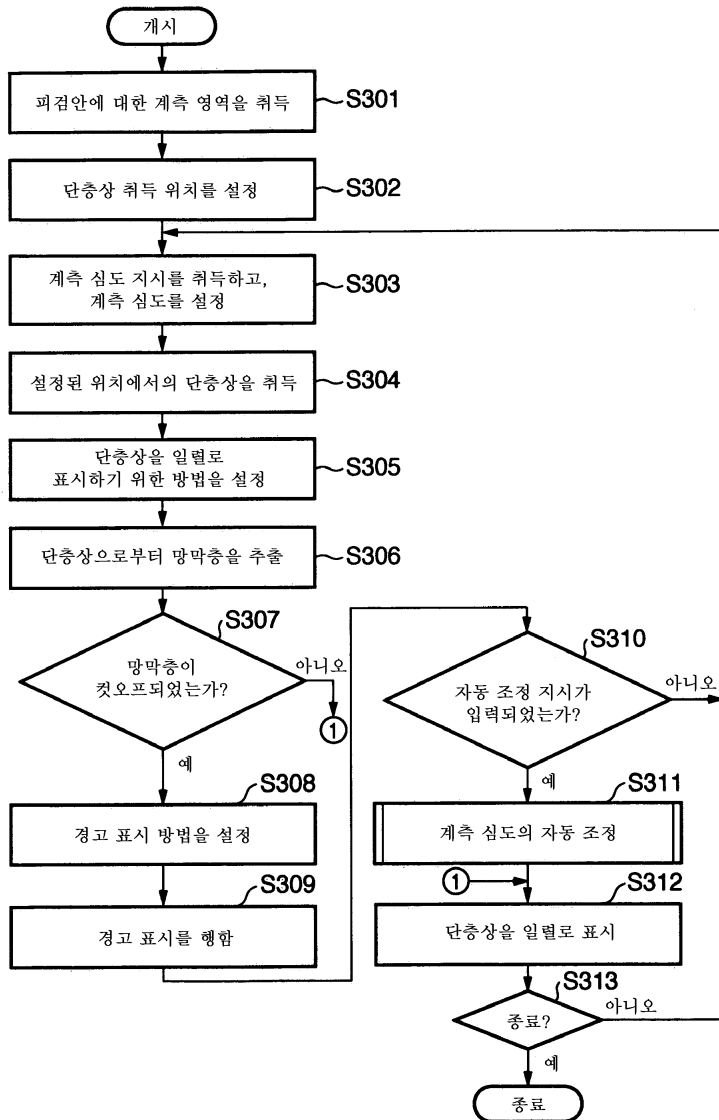
도면1



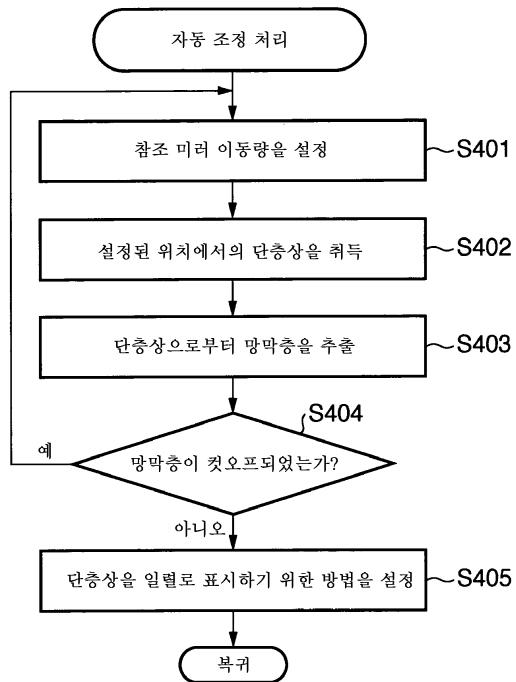
도면2



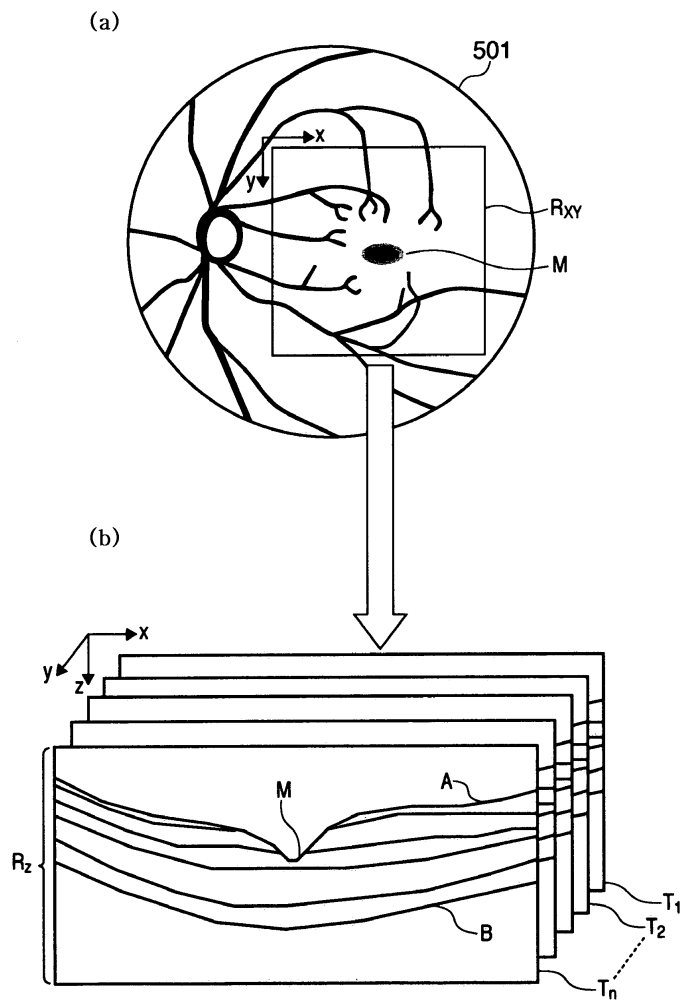
도면3



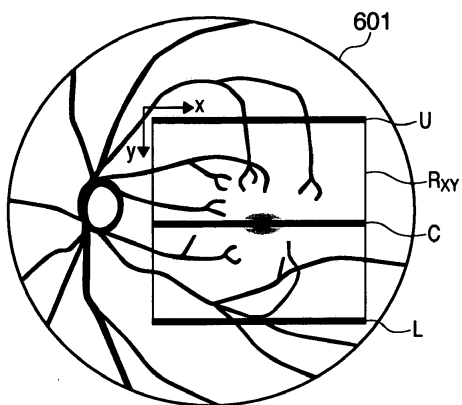
도면4



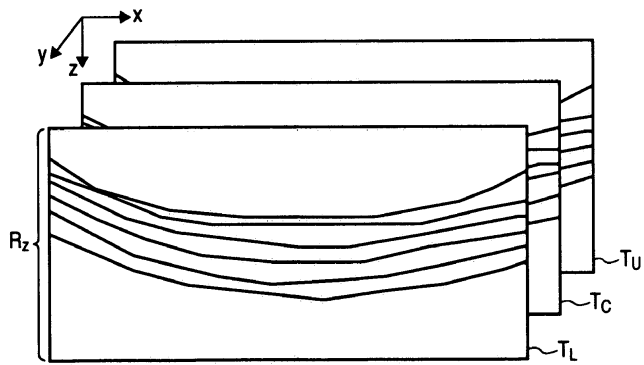
도면5



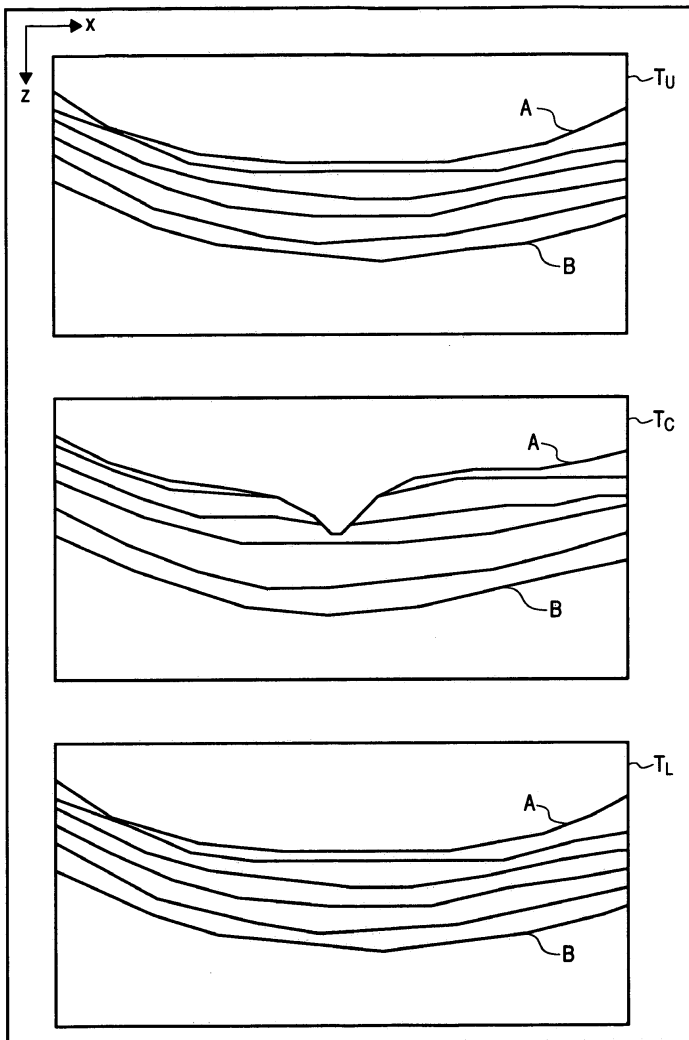
도면6a



도면6b

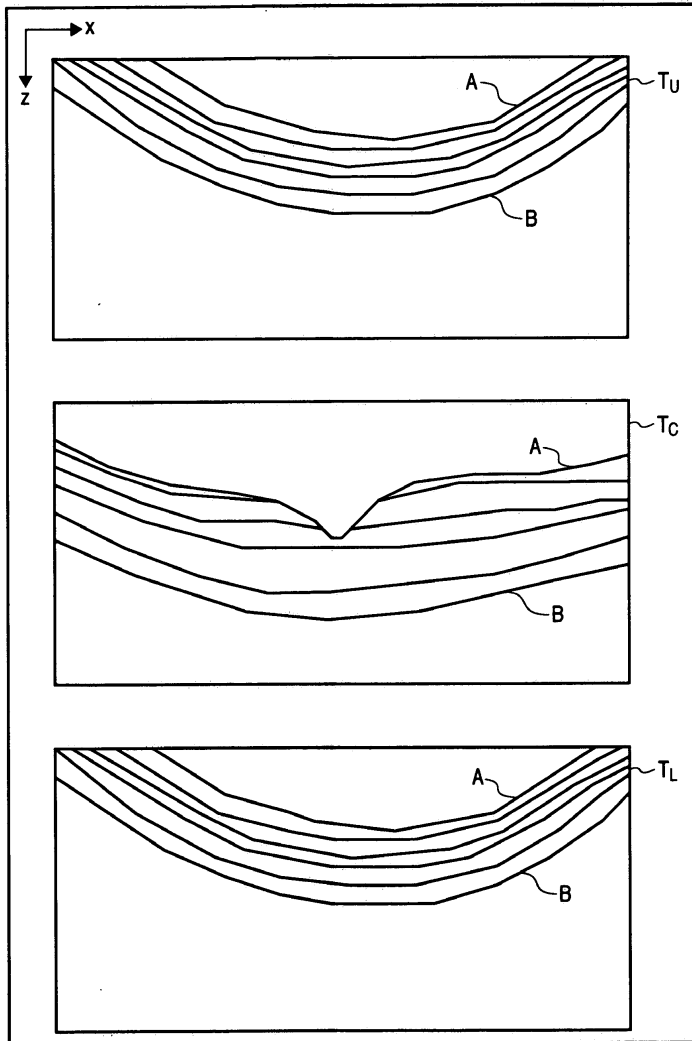


도면7

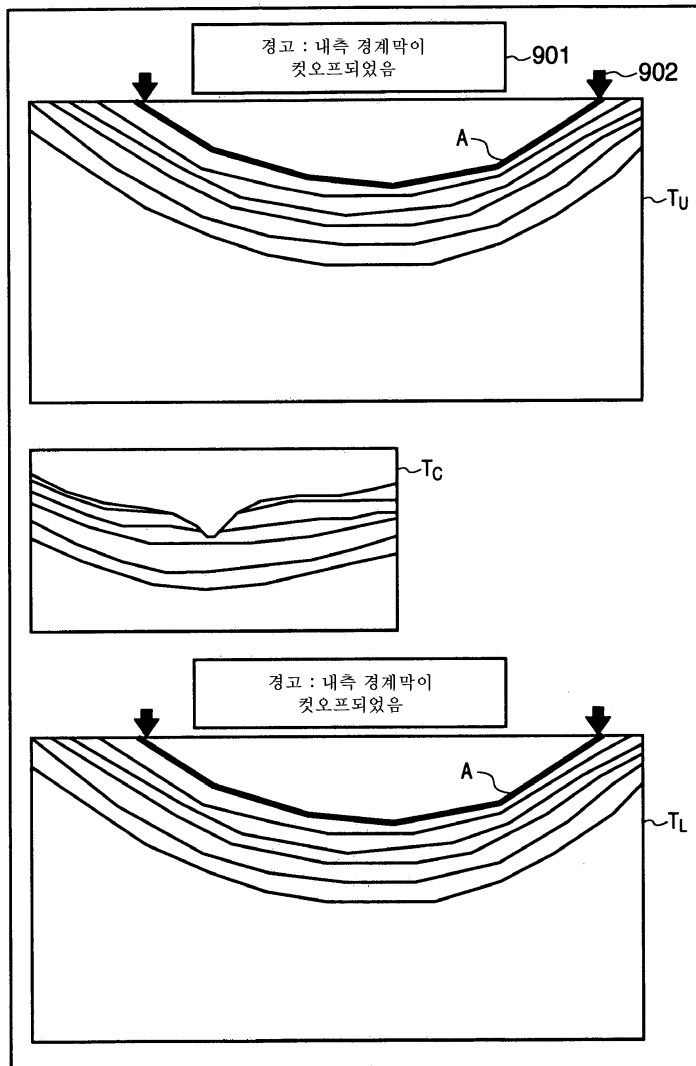




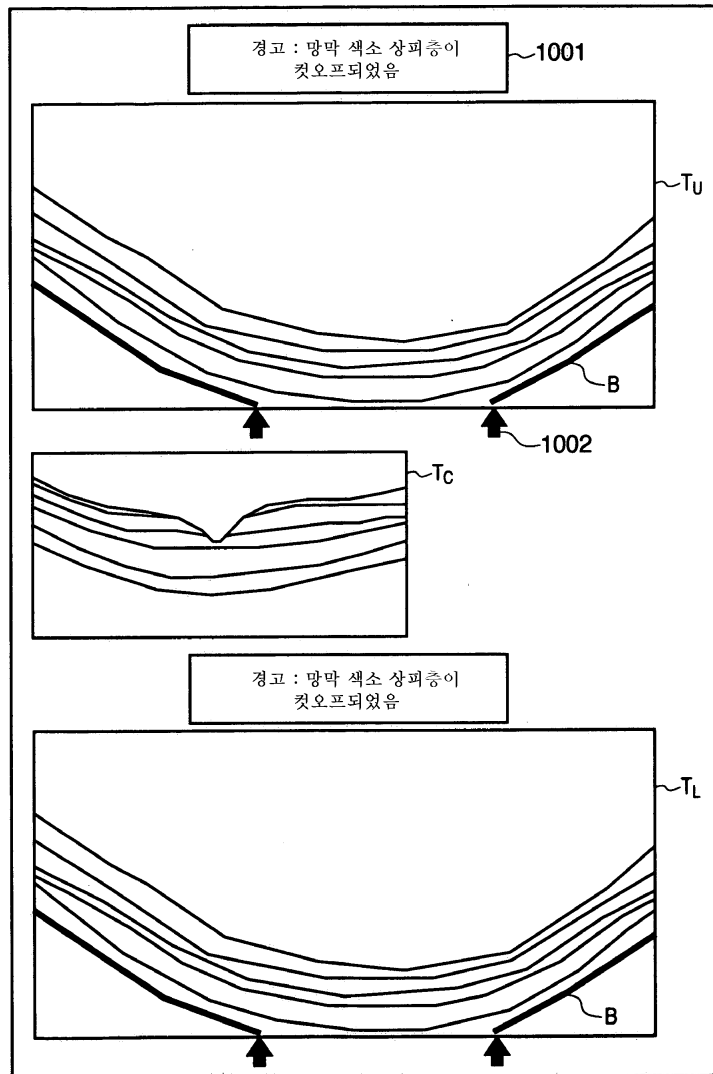
도면8



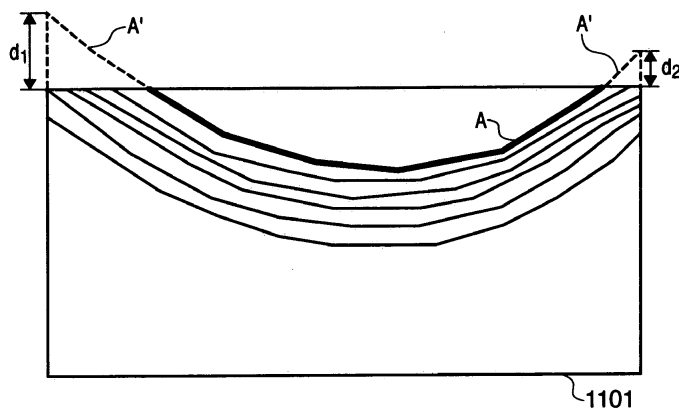
도면9



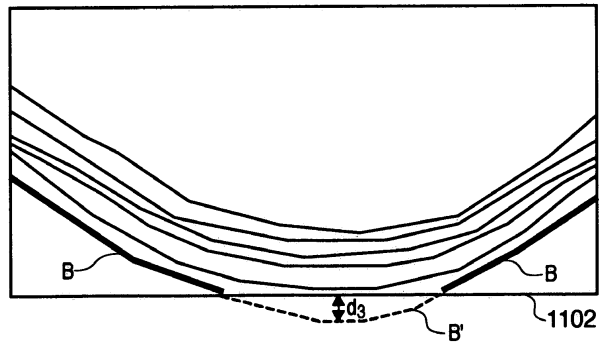
도면10



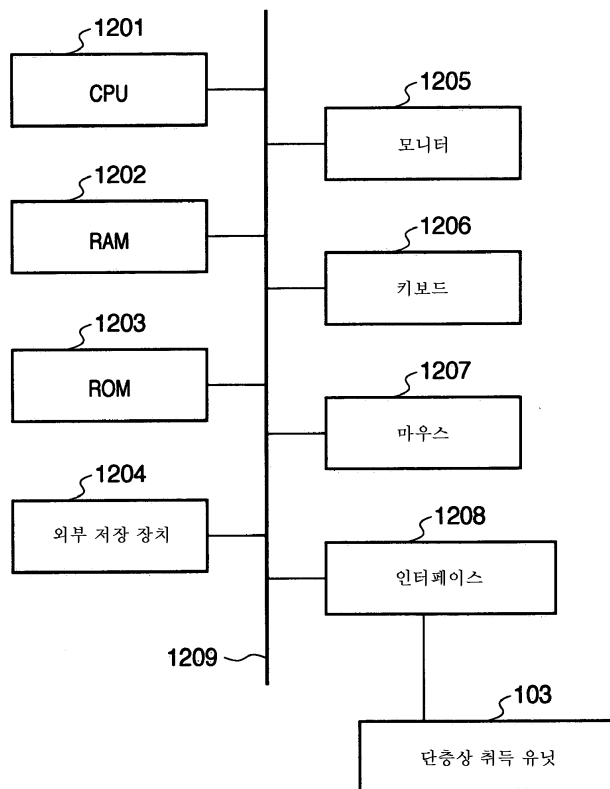
도면11a



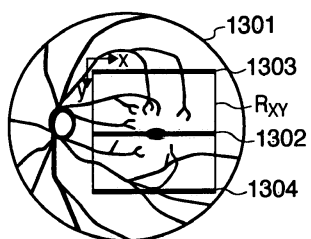
도면11b



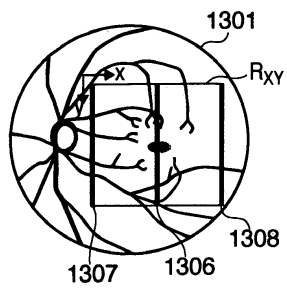
도면12



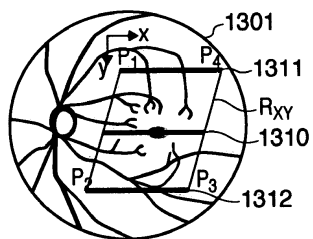
도면13a



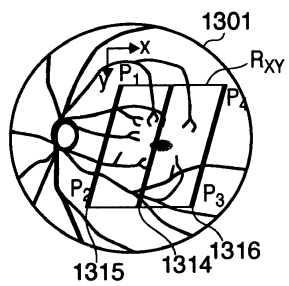
도면13b



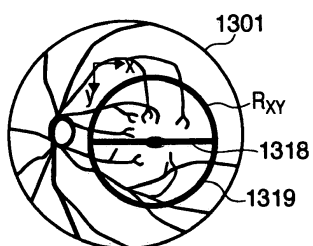
도면13c



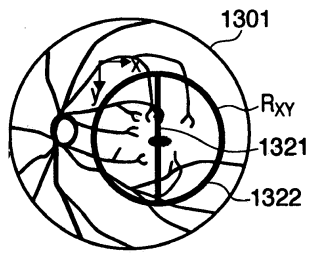
도면13d



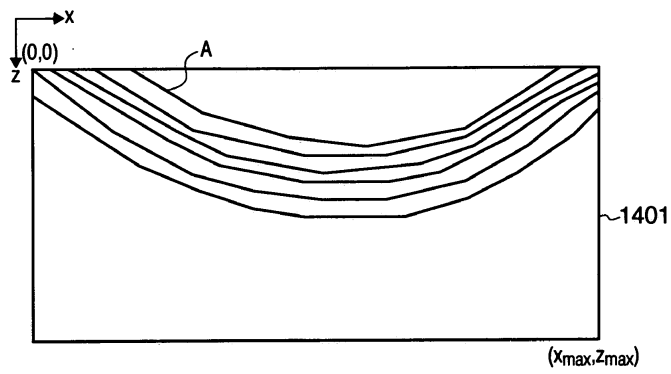
도면13e



도면13f



도면14a



도면14b

