



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월09일  
(11) 등록번호 10-1656244  
(24) 등록일자 2016년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 3/10 (2006.01) A61B 3/12 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 3/10 (2013.01)  
A61B 3/1015 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7030957(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2012년04월20일  
심사청구일자 2015년10월27일  
(85) 번역문제출일자 2015년10월27일  
(65) 공개번호 10-2015-0127732  
(43) 공개일자 2015년11월17일  
(62) 원출원 특허 10-2013-7030754  
원출원일자(국제) 2012년04월20일  
심사청구일자 2013년11월20일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/061306  
(87) 국제공개번호 WO 2012/147899  
국제공개일자 2012년11월01일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2011-100136 2011년04월27일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2006006362 A

(73) 특허권자  
캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
(72) 발명자  
사이토 켄이치  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방  
2고 캐논 가부시끼가이샤 나이  
(74) 대리인  
권대복

전체 청구항 수 : 총 7 항

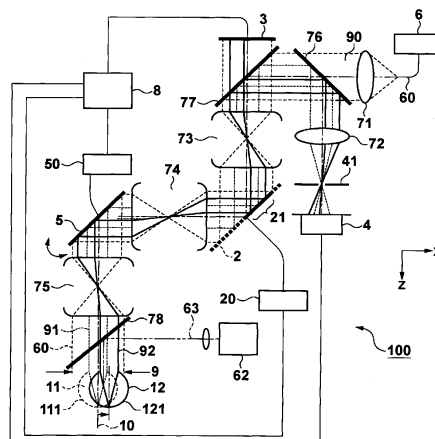
심사관 : 이재균

(54) 발명의 명칭 안저 촬상장치, 안저 촬상장치의 제어 방법 및 기억매체

(57) 요약

조명 광학계를 거쳐서 광으로 조사된 피검안으로부터의 귀환광의 파면을 검출하는 파면검출부; 상기 검출된 파면에 의거하여 구동영역중 일부 영역인 보정유효영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 보정부; 상기 보정부의 상기 구동영역상의 상기 귀환광의 쉬프트량을 검출하는 쉬프트 검출부; 및 상기 검출된 쉬프트량에 의거하여 상기 보정부의 상기 구동영역중 상기 보정유효영역이 상기 귀환광의 쉬프트된 위치를 따르도록 상기 보정부를 제어하는 제어부를 구비한, 안저촬상장치.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
**A61B 3/12** (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

조명 광학계를 거쳐서 광으로 조사된 피검안으로부터의 귀환광의 파면을 검출하는 파면검출부;

상기 검출된 파면에 의거하여 구동영역중 일부 영역인 보정유효영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 보정부;

상기 보정부의 상기 구동영역상의 상기 귀환광의 쉬프트량을 검출하는 쉬프트 검출부; 및

상기 검출된 쉬프트량에 의거하여 상기 보정부의 상기 구동영역중 상기 보정유효영역이 상기 귀환광의 쉬프트된 위치를 따르도록 상기 보정부를 제어하는 제어부를 구비한, 안저촬영장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 귀환광의 상기 쉬프트량은, 상기 파면검출부의 검출영역상의 상기 귀환광의 위치에 의거하여 얻어지는, 안저촬영장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 보정부의 상기 구동영역상의 상기 귀환광의 중심 위치를 상기 보정유효영역의 중심 위치로 결정하는, 안저촬영장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 귀환광의 상기 쉬프트량은, 관찰부에 의해 관찰된 상기 피검안의 전안부의 눈동자 화상에 의거하여 얻어지는, 안저촬영장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 보정부는, 상기 조명 광학계를 거쳐서 상기 피검안에 조사하는 광의 파면 및 상기 피검안으로부터의 귀환광의 수차를 보정하는, 안저촬영장치.

#### 청구항 6

보정부의 구동영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 안저 촬영장치의 제어 방법으로서,

조명 광학계를 거쳐서 광으로 조사된 피검안으로부터의 귀환광의 파면을 검출하는 파면검출단계;

상기 보정부의 구동영역중 일부 영역인 보정유효영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 보정단계;

상기 보정부의 상기 구동영역상의 상기 귀환광의 쉬프트량을 검출하는 쉬프트 검출단계; 및

상기 검출된 쉬프트량에 의거하여 상기 보정부의 상기 구동영역중 상기 보정유효영역이 상기 귀환광의 쉬프트된

위치를 따르도록 상기 보정부를 제어하는 제어단계를 포함한, 안저 촬상장치의 제어 방법.

## 청구항 7

청구항 6에 기재된 안저 촬상장치의 제어 방법의 각 단계를 컴퓨터에 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램이 기억된 컴퓨터 판독 가능한 기억매체.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 안저 촬상장치, 안저 촬상장치의 제어 방법, 및 기억매체에 관한 것으로서, 특히 보상 광학 기능을 갖는 안저 촬상장치, 안저 촬상방법, 및 기억매체에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 피검안의 망막의 정면 2차원화상과 단층화상을 관찰하고 촬상하는 안저 촬상장치로서는, 안저카메라, 레이저 주사 검안경(SLO), 광간섭 단층계 (OCT)등이 잘 알려져 있고, 실용화된지 오래다.

[0003] 이들 장치는, 촬상대상이 되는 망막에 조명광을 조사하고, 망막으로부터의 귀환광을 수광소자에 결상시켜서 망막화상을 취득하거나, 참조 광과 간섭시켜서 단층화상을 취득하도록 구성된다. 이 조명광으로서, 피검안내의 투과성 생체조직(예를 들면, 각막, 수정체 또는 유리체)에 있어서의 흡수나 산란이 적은, 근적외광의 파장의 광을 사용하는 경우가 많다.

[0004] 취득한 화상의, 망막의 면방향(가로방향)의 공간분해능(이하, "횡분해능"이라고 함)은, 기본적으로 망막상에서 주사된 빔 스폿 지름(또는 광학계의 개구수)으로 결정된다. 망막 위에 집광된 빔 스폿 지름을 작게 하기 위해서는, 피검안에 입사하는 조명광의 광빔 지름(또는 광학계의 개구수)을 크게 한다.

[0005] 피검안에서 주로 광을 굴절하는 역할을 하는 각막과 수정체는, 그 곡면형상이나 굴절률의 균일성의 면에서 불완전하다. 이에 따라 이들 기관을 투과한 광의 파면에 고차의 수차를 발생시킨다. 이 때문에, 큰 광빔 지름을 가지는 조명광을 망막에 입사해도, 망막상의 스폿은 원하는 지름으로 집광할 수 없다. 오히려, 그 광빔은 갈라지는 경우도 있다.

[0006] 이 결과, 얻어진 화상의 횡분해능은 저하되고, 공초점 광학계에서 취득한 화상신호의 S/N비도 저하된다. 따라서, 종래는 피검안의 각막등의 광학계가 가지는 수차의 영향을 받기 어려운 1mm정도 크기의 가는 빔을 망막에 입사시켜, 망막 위에는 20 $\mu$ m정도 크기의 스폿을 형성하는 것이 일반적이었다.

[0007] 이러한 과제를 해결하기 위해서, 안저 촬상기기에 있어서도 보상 광학기술이 도입되고 있다. 이 기술은, 눈등의 측정 대상 자신이 가지는 특성이나 측정 환경의 변동등으로 인해, 측정 대상으로부터의 귀환광의 파면수차를 순차로 측정하고, 변형 가능 미러나 공간 광 변조기등의 액티브 수차 보정기로 상기 수차를 보정하도록 구성된다. 이 기술을 사용해서 7mm정도 크기의 굵은 빔을 피검안에 입사하는 것은 파면보상에 의해 망막상에서의 스폿 지름이 회절한계에 가까운 3 $\mu$ m정도에까지 집광할 수 있어서, 고해상도의 SLO나 OCT의 화상을 취득한 예가 보고되었다(R.Zawadzki et al., "Ultrahigh-resolution optical coherence tomography with monochromatic and chromatic aberration correction" OPTICS EXPRESS/Vol.16, No. 11/2008 참조).

[0008] 보상 광학을 사용한 안저 촬상기기에 있어서, 안정한 화상의 취득을 곤란하게 하는 주 요인의 하나는, 피검안의 눈동자(홍채) 위치가 변동하는 것이다. 이것은, 피검자의 머리 부분이 전후 좌우로 움직이는 것, 또 고시등(fixation lamp)을 관찰해서 시선을 고정하려는 시도에도 불구하고, 여러 가지 방식으로 안구가 불가피하게 회전하는 것 때문에 생긴다.

[0009] 그 머리 부분의 위치 변동에 관해서는, 바이트 바를 사용하면 억제하는 것이 가능하지만, 피검자에게 부담을 줄 것이다. 이 때문에, 바이트 바의 이용은, 바람직하지 않은 경우도 있다. 또한, 고시등을 안정하게 계속해서 보는 능력은 개인차가 있다.

[0010] 첫번째로, 머리 부분의 위치, 즉 피검안의 눈동자의 위치가 접안 광학계의 광축에 대하여 수직방향으로 변동하면, 눈동자와 광학적으로 공역한 위치에 배치된 수차보정기상에 있어서, 망막으로부터의 귀환광(반사/후방산란된 광)도 쉬프트하는 문제가 있다. 이때, 파면의 피드백 보정이 개방 루프 방식으로 행해지는 경우에는, 수차

보정기에 형성된 수차 보정값에 대하여, 귀환광이 쉬프트하면서 수차 보정기에 입사하므로, 수차보정 잔차가 증대하고, 밝기나 해상도가 저하하는등, 화질이 열화하게 된다.

- [0011] 수차보정값의 생성은, 제르니케(Zernike) 다항식등 직교성을 가지는 함수계의 가산으로 표현되는 것이 일반적이다. 폐쇄 루프의 실시간 수차 보정방식의 경우에도, 이 쉬프트 성분을 표현하면, 고차함수까지 사용하지 않으면 곡면의 재현성이 열화하게 될 것이다. 계산 시간의 단축을 위해 차수를 제한함으로써, 이상적인 수차보정을 행할 수 없다. 이는, 상기 화질의 열화의 원인이 된다.
- [0012] 두번째로, 화상취득용의 조명광이 비네팅된다(vignetted)(제한된다). 예를 들면, 망막상에  $3\mu\text{m}$  크기의 스폿을 형성하고 싶을 때는, 눈동자에는 약 7mm의 지름의 조명광을 입사할 필요가 있다. 그렇지만, 통상은 눈을 크게 뜬 경우에도 홍채의 지름은 8mm정도다.
- [0013] 이 경우에, 머리 부분이 시간의 경과와 함께 1mm~2mm이동했다고 가정한다. 이 경우에, 가령 수차보정이 적절하게 행해진다고 한 경우에도, 망막상의 스폿 지름은  $4\mu\text{m}$ ~ $5\mu\text{m}$ 로 커져서 해상도가 열화하게 된다. 또, 망막에 도달하는 조명 광량은, 비네팅으로 인해 10%~20%만큼 손실된다. 이 때문에, 화상의 밝기도 저하해버린다.
- [0014] 세번째로, 피검안의 눈동자, 수차보정기 및 파면검출기는, 어포컬 광학계에 의해 광학적으로 공역한 위치에 배치되지만, 귀환광이 광학계의 유효지름으로부터 일부라도 이탈하면, 각 위치에서의 파면의 일치성이 악화한다. 따라서, 수차보정의 피드백 정밀도가 악화한다. 이에 따라 수속을 위한 시간이 길어지거나, 수속 대신에 발산하게 된다.
- [0015] 상기 첫번째의 문제에 대해서는, 일본특허 제04510534호에 아래의 해결책이 제안되어 있다. 이 기술은, 눈동자를 포함하는 전안부를 관찰하고, 눈동자의 위치 변동량을 판독시간에 계측하고, 산출한 값에 따라 메커니컬 스테이지에 실장된 수차보정기의 위치를 따라감으로써 보정유효영역과 망막으로부터의 귀환광의 위치가 항상 일치하도록 구성된 부(unit)를 제공한다.
- [0016] 그렇지만, 이 구성은, 첫번째 문제는 해결할 수 있지만, 두 번째 문제는 해결할 수 없다. 세 번째 문제에 관해서는 언급이 없다. 추가로, 수차보정기가 일반적으로  $\text{수cm}^3 \sim 10\text{cm}^3$ 의 체적을 가지므로, 사용되는 메커니컬 스테이지는 불가피하게 사이즈도 커지고, 시스템이 비대화해서 비용도 상승한다. 또한, 그 스테이지의 진동은, 화질에 영향을 미치기도 한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은, 상기 과제를 감안하여, 피검안의 위치 어긋남에 따라 수차 보정을 행하는 기술을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일 국면에 따른 안저 촬상장치는, 조명 광학계를 거쳐서 광으로 조사된 피검안으로부터의 귀환광의 파면을 검출하는 파면검출부; 상기 검출된 파면에 의거하여 구동영역중 일부 영역인 보정유효영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 보정부; 상기 보정부의 상기 구동영역상의 상기 귀환광의 쉬프트량을 검출하는 쉬프트 검출부; 및 상기 검출된 쉬프트량에 의거하여 상기 보정부의 상기 구동영역중 상기 보정유효영역이 상기 귀환광의 쉬프트된 위치를 따르도록 상기 보정부를 제어하는 제어부를 구비한다.
- [0019] 본 발명의 일 국면에 따른 안저 촬상장치의 제어 방법은, 보정부의 구동영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 안저 촬상장치의 제어 방법으로서, 조명 광학계를 거쳐서 광으로 조사된 피검안으로부터의 귀환광의 파면을 검출하는 파면검출단계; 상기 보정부의 구동영역중 일부 영역인 보정유효영역을 구동함으로써 수차를 보정하는 보정단계; 상기 보정부의 상기 구동영역상의 상기 귀환광의 쉬프트량을 검출하는 쉬프트 검출단계; 및 상기 검출된 쉬프트량에 의거하여 상기 보정부의 상기 구동영역중 상기 보정유효영역이 상기 귀환광의 쉬프트된 위치를 따르도록 상기 보정부를 제어하는 제어단계를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 또 다른 특징들은, 첨부도면을 참조하여 이하의 예시적 실시예들의 설명으로부터 명백해질 것이다.
- [0021] (발명의 효과)
- [0022] 본 실시예는, 조명광(90)과 귀환광(92)간의 어떠한 공간적인 불일치 없이 변형 가능 미러에 있어서 수차보정을 적절하게 행함으로써, 핀홀(41)에는 안정되고 적절하게 귀환광이 결상된다. 또한, 상기 실시예는, 조명광 비네

팅에 의한 광 강도 손실이나 스폿 지름비대가 없고, 적절한 이용 효율로 안정한 망막화상을 얻을 수 있다.

[0023] 본 실시예의 구성에 의하면, 망막상의 조명광의 스폿 지름을, 피검안의 눈동자 지름에 상관없이 일정하게 유지 하면서, 안정한 화상을 취득하는 것이 가능하다.

[0024] 본 발명에 의하면, 피검안의 위치가 쉬프트하는 경우에도, 그 쉬프트에 따라 수차보정을 행하고, 밝게 해상도가 높은 화상을 안정되게 얻는 것이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 SLO의 구성도;  
 도 2는 피검안의 눈동자와 조명광간의 위치 관계를 나타내는 도면;  
 도 3은 조명광과 피검안으로부터의 귀환광간의 위치 관계를 나타내는 도면;  
 도 4는 수차보정기상의 조명광과 귀환광간의 위치 관계를 나타내는 도면;  
 도 5는 파면 검출기상의 귀환광의 위치를 나타내는 도면;  
 도 6a, 6b는 본 발명의 제1실시예에 따른 개념도;  
 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 SLO의 구성도;  
 도 8은 본 발명의 제3실시예에 따른 보상 광학부의 구성도;  
 도 9는 본 발명의 제3실시예에 따른 수차보정기의 개념도; 및  
 도 10은, 눈동자 지름에 대한 통계 데이터를 나타내는 그래프다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 예시적 실시예(들)를 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 이 실시예들에 나타난 부품의 상대적 배치, 수식 및 수치는, 특별히 달리 언급하지 않으면 본 발명의 범위를 한정하지 않는다는 것을 주목해야 한다.

[0027] (제1실시예)

[0028] 우선, 도 1을 참조하여, 본 발명의 제1실시예에 따른 레이저 주사 검안경(SLO)의 구성을 설명한다. SLO(100)에 있어서, 우선, 화상취득용 레이저 광원(6)으로부터의 광은, 싱글 모드 파이버(60)에서 전파하고, 파이버 단으로부터 조명광(90)으로서 사출된다. 사출된 조명광(90)은, 콜리메이터 렌즈(71)에 의해, 평행 광으로 변환된다(파선은 조명광(90)의 마지널 광선과 광학계의 유효지름 범위를 가리킨다).

[0029] 평행 광으로 변환된 조명광(90)은 반투명경(76)을 투과하고, 제1 다이클로익 미러(77)로 반사되어, 제1 어포컬 광학계(73)를 경과해서 수차보정기(2)로 반사된다. 그 후, 그 광은, 제2 어포컬 광학계(74)를 거쳐서 스캐너 미러(5)에 입사한다. 스캐너 미러(5)로 반사된 조명광(90)은 접안 광학계(75)에 의해 피검안(11)(파선으로 나타냄)에 입사하고, 망막(111)에 집광한다.

[0030] 이 경우에, 접안 광학계(75)의 사출 눈동자(9) 및 조명광(90)의 광범지름(강도가 중심강도의  $1/e^2$ ( $e$ 는 자연대수의 기저)이 되는 영역의 직경)은, 피검안(11)의 눈동자의 지름(눈동자 지름)보다도 크게 설정되어 있다. 이에 따라, 제1 및 제2 어포컬 광학계(73, 74), 콜리메이터 렌즈(71) 및 결상 렌즈(72)의 유효지름도 피검안(11)의 눈동자의 지름(눈동자 지름)보다도 크게 설정되어 있다. 눈동자 지름은 개인차가 있지만, 도 10에 나타난 조사예("Eye Development and Aging", edited by Seiichi Mishima et al., Ophthalmology MOOK No.38, Kanehara Co., Ltd., 1989 참조)에 의하면, 산동제를 사용하지 않고서도 최대의 눈동자 지름은 약 8mm정도다. 이 때문에, 적어도 이 값보다도 사출 눈동자(9)의 값을 크게 설정한다. 이 경우에는, 산동제의 사용과, 피검안(11)의 눈동자의 가능한 쉬프트량을 고려해서 상기 지름을 12mm로 설정하였다.

[0031] 이 경우에, 피검안(11)은, 광학계의 광축(10)(일점쇄선)과 눈동자의 중심이 일치하고 있을 경우의 피검안이다. 피검안(11)의 망막(111)으로부터의 귀환광(91)은, 조명광(90)의 광로를 따라 반대로 전파하고, 반투명경(76)에서 반사된다. 그 후, 광은, 결상 렌즈(72)에서 집광되어, 핀홀(41)을 통과해서 광검출기(4)에서 검출된다. 이 경우에, 귀환광(91)의 마지널 광선을 점선으로 나타내고 있다. 스캐너 미러(5)는 드라이버(50)에 의해 구동되어, 조명광(90)을 2차원 방향으로 주사한다. 그 후, 퍼스널 컴퓨터(8)는, 광검출기(4)로부터의 전기신호



를 동기적으로 포획함으로써 망막화상(안저화상)을 취득한다.

- [0032] 광원(62)으로부터 생성된 파면검출 광(63)(이점채선)은, 제2 다이클로익 미러(78)에 의해 반사되어서 피검안(11)에 입사한다. 제2 다이클로익 미러(78)는, 광원 6의 파장에 대하여는 100%에 가까운 투과율, 광원 62의 파장에 대하여는 50%의 투과율을 가진다. 파면검출 광(63)은, 1mm의 광빔 지름을 갖기 때문에, 눈의 수차에 거의 영향을 받지 않는다. 따라서, 망막(111) 위에 안정하게 20 $\mu$ m정도의 스폿 지름을 형성한다.
- [0033] 이 파면검출 광(63)에 의한 망막(111)으로부터의 귀환광은, 산란(확산)광을 많이 포함하고 확대를 가지므로, 피검안(11)의 눈동자로부터, 조명광(90)에 의한 귀환광(91)과 같이, 눈동자 지름과 같은 지름을 가지는 광빔으로서 사출된다. 그 광은, 제2 다이클로익 미러(78)를 투과하고, 광학계75 및 광학계73을 통해 제1 다이클로익 미러(77)를 투과한다. 파면검출기(3)의 검출 영역에 의해 그 광의 파면이 검출된다. 이때에 검출 및 산출된 데이터를 사용하여, 수차보정기(2)에 의해 귀환광(91)의 파면수차를 보정한다. 또한, 수차 보정은, 귀환광(91) 대신에 조명광(90)에 대해 행해지거나, 양쪽의 광에 대해 행해지기도 한다. 또는, 본 장치는, 파면검출 광(63)을 발생하는 광원(62)을 구비하지 않고 화상취득용의 조명광(90)을 사용하여서 파면을 검출하도록 구성되어도 된다.
- [0034] 상기 구성은, 화상취득용의 조명광(90)을 망막(111) 위에 적절하게 결상하고, 또 귀환광(91)도 핀홀(41)에 적절하게 결상하기 때문에, 피검안(11)의 수차의 영향을 저감하고, 밝고 해상도가 높은 화상을 안정하게 얻을 수 있다.
- [0035] 이 경우에, 수차보정기(2)로서는 변형 가능 미러가 사용되고, 파면검출기(3)로서는 Hartmann-Shack방식의 검출기(HS센서)가 사용된다. 이들 검출기의 유효지름(구동영역)은, 각각, 12mm 및 6mm이다. 광학계의 사출 눈동자(9)에 대한 이것들의 위치에서의 배율은, 각각,  $\beta 2=12/12=1.0$ ,  $\beta 3=6/12=0.5$ 로 설정되어 있다. 망막(111)의 눈동자 지름이 6mm이면, 사출 눈동자(9)의 위치에 있어서의 귀환광의 지름도 6mm이다. 그러므로, 수차보정기(2)(변형 가능 미러2), 파면검출기(3)(HS센서3)에 있어서의 귀환광(91)의 지름은, 각각 6mm 및 3mm다.
- [0036] HS센서(3)는, 2차원 매트릭스 모양으로 배치된 각 마이크로렌즈를 사용하여서, 2차원 촬상소자 위에 결상된 각 점의 변위로부터, 광의 파면을 산출한다. 이것들의 점 화상의 세트(HS화상)는 2차원 촬상소자상에서, 눈동자에 해당하는 3mm의 지름 범위내에서 관측된다.
- [0037] 피검안11이 광축(z방향)에 수직인 x-y면에서 움직이고, 실선으로 나타낸 피검안12의 위치에 움직였다고 가정한다. 이때, 조명광(90)의 광빔 지름이 피검안(12)의 눈동자(122)의 지름 이하라고 가정한다. 이 경우에, 도 2에 나타나 있는 바와 같이, 눈동자(122)는, 광학계의 광축(10)에 대하여, 즉 조명광(90)에 대하여 수직방향으로 쉬프트한 위치에 있고, 조명광(90)의 광빔의 일부가 눈동자(122)에 의해 비네팅되고, 망막(121)에 도달하는 조명광량이 저하하게 된다. 동시에, 광빔이 비네팅된 양만큼 상기 망막 위에 형성된 스폿 지름도 커진다. 도 3에 나타나 있는 바와 같이, 조명광(90)의 광빔이 비네팅되지만, 망막(121)으로부터의 귀환광(92)은 산란(확산)광을 많이 포함하고 확대를 가지므로, 피검안(12)의 눈동자(122)로부터, 눈동자 지름과 같은 지름을 가지는 광빔으로서 사출된다. 그러나, 눈동자(122)의 위치가 광축(10)으로부터 쉬프트되므로, 눈동자의 위치와 광학적으로 공역한 위치에 있어서는, 같은 쉬프트가 유지된다. 도 4는, 변형 가능 미러(2)상의 조명광(90)과 귀환광(92)간의 위치 관계를 나타낸다. 파선으로 나타낸 조명광(90)은 광축(10)에 그 주 광선이 일치한다. 실선으로 나타낸 귀환광(92)은 쉬프트하면서 변형 가능 미러(2)에 입사한다.
- [0038] 이 경우에, 점선으로 나타낸 보정유효영역(21)의 중심이 광축(10)과 일치하면, 귀환광(92)이 가지는 수차에 대하여, 수차보정이 공간적으로 쉬프트해서 행해지는 것으로 되고, 수차 보정이 부적절하게 된다. 따라서, 귀환광(92)은 적절하게 핀홀(41)에 집광되지 않기 때문에, 망막 화상의 밝기나 해상도는 개선되지 않는다. 이 현상은, 변형 가능 미러(2)로 수차의 반대성분이 주어진 조명광(90)과, 눈동자(122)간의 위치 관계에 적용한다. 즉, 조명광(90)은 망막(121) 위에 원하는 스폿 지름으로 집광되지 않는다.
- [0039] 또한, 광학계 전체의 유효지름도 조명광(90)의 지름과 동등하고, 변형 가능 미러(2)의 보정유효영역(21)이 광학계의 유효지름과 동등하면, 귀환광(91)은 광학계의 유효지름외를 통과하게 된다. 그 후, 그 광은, 변형 가능 미러(2) 위에 보정유효영역외에 입사하여, 파면 보정이 부적절하게 된다. 또한, 눈동자(122), 변형 가능 미러(2), 및 HS센서(3)의 사이의 광학적인 공역관계(눈동자 결상관계)가 일부 무너지게 되므로, 각 위치에 있어서의 파면 형상이 일치하지 않게 된다. 이에 따라, 더욱 보정을 행하기 곤란하다.
- [0040] 따라서, 본 실시예는, HS센서(3)를 사용해서 피검안(12)의 광학계의 광축(10)에 대한 쉬프트량을 검출하고, 변형 가능 미러(2)상의 보정유효영역(21)을, 쉬프트한 귀환광(92)의 위치를 따르게 하도록 구성된다. 피검안(11)이 광축(10)으로부터 쉬프트해서 피검안(12)의 위치에 있다고 하면, 도 5에 나타나 있는 바와 같이, HS센서(3)

위에 있어서의 HS화상(30)도 광축(10)으로부터 쉬프트되면서 관측된다. 따라서, HS화상(30)의 중심좌표( $x_3$ ,  $y_3$ )를 산출하면, 피검안의 눈동자(122)의 중심위치의 좌표를  $(x_p, y_p) = (x_3/\beta_3, y_3/\beta_3)$ 로서 얻는다. 동시에, 변형 가능 미러(2)상의 귀환광(92)의 중심좌표도  $(x_2, y_2) = (x_3 \cdot \beta_2/\beta_3, y_3 \cdot \beta_2/\beta_3)$ 로서 얻어지므로, 변형 가능 미러(2)상의 보정유효영역(21)의 중심좌표를 이 값으로 결정하여도 된다. 상기 조명 광학계의 광축에 대해 피검안의 쉬프트에 대응한 상기 보정기의 위치는, 보정유효영역의 거의 중심위치에 결정되어도 된다. 눈동자(122)의 쉬프트량을 검출하는 구성은, 본 실시예에 따른 위치 검출 처리에서는, HS센서(3)로 얻어진 HS화상의 위치 정보를 사용한다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 또한 전안부를 카메라로 촬상하는 전안부 관찰계를 설치하고, 얻어진 관찰 결과로서 눈동자 화상의 위치 정보로부터 피검안 위치를 검출해도 된다.

[0041] 도 6a, 6b는, 이 경우를 나타내는 개념도다. x-z면만을 생각한다. 귀환광(92)의 주 광선(921)은, 광축(변형 가능 미러(2)의 중심)(10)으로부터 x2만큼 쉬프트하면서 보정유효영역(21)에 입사한다. 이때, HS센서(3)에서 계측해 산출한 보정형상함수(22)는, 보정유효영역(21)에 있어서 형성된다. 도 6a에 나타나 있는 바와 같이, 이 보정유효영역(21)의 중심이 광축(10)과 일치한 채로 있으면, 그 중심은 귀환광(92)과 일치하지 않는다. 이 경우에, 도 6b에 나타나 있는 바와 같이, HS센서(3)로 동시에 계측 및 산출된 x2의 값만큼, 보정유효영역(21)과 보정형상함수(22)의 중심을 쉬프트시켜서, 귀환광(92)의 주 광선(921)의 위치에 일치시킨다. 도 1을 참조하면, 파면상의 실선부가 보정유효영역(21)에 해당한다. 이것은, 귀환광(92)의 수차를, 상기 보정유효영역(21)과 불일치하지 않고 적절하게 보정한다.

[0042] 측정된 파면을 제르니케 다항식을 사용하여 표현하는 경우를 생각한다. 눈의 수차를 표현하는데 제르니케 다항식을 사용하면, 각 항은, 이하와 같은 항번호, 차수 및 수식의 관계로 나타낸다:

항번호	차수	수식
0	0	1
1	1	$2y$
2	1	$2x$
3	2	$2\sqrt{6} \cdot xy$
4	2	$\sqrt{3} (2x^2 + 2y^2 - 1)$
5	2	$\sqrt{6} (x^2 - y^2)$
6	3	$\sqrt{8} (3x^2y - y^3)$

[0044] .



7	3	$\sqrt{8(3x^2y+3y^2-2y)}$
8	3	$\sqrt{8(3x^3+3xy^2-2x)}$
9	3	$\sqrt{8(x^3-3xy^2)}$
10	4	.
11	4	.
12	4	.
.	.	.
.	.	.

[0045]

[0046] 각 항은 광학의 각 수차항목에 대응하고, 파면수차는 각각의 항과 계수를 곱해서 합계한 보정형상함수 $W(x, y)$ 로서 표현된다. 수차보정은, 각 항이 곱해지는 계수를 피드백 동작용 파라미터로서 사용한다.

[0047] 또한, 이러한 원래 포함되는 각 항목에 대응하는 수차성분에 더해, 눈동자의 쉬프트 성분까지 포함시켜서 이것들의 계수를 사용하여 보정형상함수 $W'(x, y)$ 를 표현하는 것도 가능하다. 보정형상함수의 정밀도를 확보하기 위해서, 보다 많은 항수가 필요하게 된다. 이것은, 보다 긴 계산 시간이 필요하게 된다. 이와 대조하여, 사용하는 항수를 제한하면 보정형상함수의 정밀도가 저하하게 될 것이다.

[0048] 이 경우에, HS센서(3)에 의해 검출 및 산출된  $(x_2, y_2)$ 의 값을 사용해서, 변형 가능 미러(2)에 형성된 보정형상함수로서,  $W(x-x_2, y-y_2)$ 를 사용한다. 이에 따라 가능한 적은 항수로, 정밀하게 보정함수를 형성하는 것이 가능해진다. 이것은, 변형 가능 미러 자체를 움직이는 기구등을 필요로 하지 않고, 귀환광(92)과 보정유효영역의 보정함수를 일치시킬 수 있다.

[0049] 조명광도 생각한다. 광축(10)으로부터 쉬프트한 피검안(12)에 있어서도, 광빔 비네팅을 막도록, 조명광(90)의 광빔 지름은, 눈동자 지름에 예상된 눈동자(122)의 쉬프트량을 더하여서 얻어진 값으로 설정되어도 된다. 본 실시예에서는, 광학계의 사출 눈동자의 지름이 12mm로 설정되어 있으므로, 조명광의 광빔 지름도 12mm로 설정된다. 이때, 눈동자(122)의 지름을 6mm로 설정하므로, 눈동자가  $\pm 3$ mm만큼 쉬프트해도, 눈동자(122)에는 항상 조명광이, 비네팅 없이, 한정한 입사광 강도 및 안정한 광빔 지름과 함께 입사하게 된다. 따라서, 피검안(12)에 입사하는 조명광(90)과 귀환광(92)은, 도 1의 실선으로 나타낸 마지널 광선을 가지는 광빔으로서 항상 일치하고 있다.

[0050] 또한, 조명광(90)과 귀환광(92) 각각의 광빔이 광학계의 유효지름의 범위내로 제한되면, 눈동자(122), 변형 가능 미러(2) 및 HS센서(3) 사이의 눈동자 결상관계를 유지할 것이다. 이에 따라 수차보정을 적절하게 행하는 것이 가능하다.

[0051] 본 실시예에서는, 피검안(12)에 입사되는 조명 광의 광빔 지름은 눈동자(122)의 지름에 의해 결정된다. 이 경우, 수차보정이 적절하게 행해지고 있는 동안, 눈동자(122)의 지름이 클수록, 망막상의 스폿 지름은 작아진다. 이때, 스폿 지름이 작아질수록, 면적당 조사 에너지가 증가하기 때문에, 환자에게 부담이 보다 커진다. 이러한 이유로, 본 실시예에서는, HS센서(3)에 의해 귀환광(92)의 위치뿐만 아니라, HS화상으로부터 그 광빔 지름도 산출하고, 그 산출된 값에 따라 조명 광원(6)의 발광량을 필요에 따라 조정한다(광강도 제어 처리).

[0052] 또한, 본 실시예에서는, 파면검출 광(63)은 광학계의 광축(10)으로부터 2mm정도 쉬프트시키면서 피검안에 입사하도록 고정되어 있다. 그렇지만, 상기 검출한 피검안(12)의 쉬프트량에 따라, 입사위치를 추종시켜도 된다. 또한, 도 1을 참조하면, 파면검출 광(63)은 피검안의 직전 위치부터 입사된다. 그렇지만, 그 광은, 스캐너 미러

(5)보다 상기 광원에 가까운 위치로부터 상기 피검안에 입사되어도 된다.

[0053] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 실시예는, 조명광(90)과 귀환광(92)간의 어떠한 공간적인 불일치 없이 변형 가능 미러에 있어서 수차보정을 적절하게 행함으로써, 핀홀(41)에는 안정되고 적절하게 귀환광이 결상된다. 또한, 상기 실시예는, 조명광 비네팅에 의한 광 강도 손실이나 스폿 지름비대가 없고, 적절한 이용 효율로 안정한 망막화상을 얻을 수 있다.

[0054] (제2실시예)

[0055] 다음에, 도 7을 참조하여, 본 발명의 제2실시예에 따른 SLO(101)에 관하여 설명한다. 제2실시예의 기본적인 구성과, 각 부를 의미하는 참조번호는, 도 1을 참조해서 설명한 상기 제1실시예와 같다. 도 7은 x-z면을 나타낸다. 도 7의 구성이 도 1의 구성과 다른 점은, 조명광(90)의 광빔 지름이 피검안과 같은 지름, 즉 6mm로 설정되어 있는 것과, 콜리메이터 렌즈(71)와 반투명경(76)과의 사이에, 미러(79)를 배치하고 있는 것이다. 콜리메이터 렌즈(71)에 의해 평행화된 조명광(90)은, 이 미러(79)에서 대략 직각으로 반사되어, 제1 반투명경 이후의 광학계를 따라 전파한다. 아울러, 상기 미러(79)는, 그 반사광의 광축방향으로 쉬프트하는 기구 위에 설치되어 있다. 또한, 본 실시예에서는, 화상취득용의 조명광(90)이 파면검출 광을 겸하고 있고, 미러(77)는 다이클로익 미러가 아니고, 투과율이 10%이고 반사율이 90%인 반투명경이다. 또, 본 실시예는 제2 다이클로익 미러(78)를 구비하지 않는다.

[0056] 광축(10)으로부터의 쉬프트가 없는 위치에 피검안(11)이 위치할 때, 미러(79)는 (파선으로 나타낸) 기준위치에 위치하고, 조명광(90)은 점선으로 나타낸 마지널 광선을 가지는 광빔으로서 전파하여, 피검안(11)에 입사된다. x방향으로 쉬프트한 위치에 피검안(12)이 위치할 때, 미러(79)는, HS센서(3)에서 검출한 귀환광(92)의 쉬프트량의 3배만큼 쉬프트시킨 실선으로 나타낸 위치에 위치된다.

[0057] 이 방법은, 조명광(90)을 수시로 눈동자(122)에 일치시킬 수 있고, 광빔 비네팅을 방지함으로써 귀환광(92)과 조명광(90)도 일치시킬 수 있다. 이 경우에는, x방향의 쉬프트만을 고려했다. y방향으로 추종시키는 경우도, 미러(79)에 근접시켜서 또 한장의 미러를, 조명광을 y-z면 방향으로 반사시키도록 설치하고, 그 미러를 반사 광축 방향으로 쉬프트시키는 기구를 추가함으로써, 눈동자(122)의 x 및 y방향의 2차원 쉬프트에 대처하는 것이 가능하다. 미러(79)를 사용하지 않고, 파이버(60)의 사출단과 콜리메이터 렌즈(71)를 하나의 유닛으로 집적하고, 이 유닛을 x 및 y방향으로 쉬프트하는 기구를 설치함으로써, 상술한 것과 같은 기능을 얻는 것이 가능하다. 본 실시예는, 변형 가능 미러(2)의 보정유효영역(21)을, 상기 제1실시예와 같이 조명광(90)과 귀환광(92)이 항상 일치하도록 제어한다.

[0058] 본 실시예의 구성에 의하면, 망막상의 조명광의 스폿 지름을, 피검안의 눈동자 지름에 상관없이 일정하게 유지하면서, 안정한 화상을 취득하는 것이 가능하다.

[0059] (제3실시예)

[0060] 도 8을 참조하여 제3실시예에 따른 안저 촬상장치의 보상 광학부(102)를 설명한다. 도 8은, 피검안과 수차보정기(2)와의 관계를 나타내는 부분만을 나타낸다. 동일한 참조번호는, 도 1을 참조해서 설명한 제1실시예와 같은 부분을 의미한다. 도 8은 x-z면을 나타낸다. 본 실시예에서는, 수차보정기(2)로서 액정을 사용한 위상공간 변조기(SLM)를 사용하고 있다. 변형 가능 미러는, 미러의 형상을 변화시켜서 공간적인 거리를 변화시켜 광로 길이를 변화시키도록 구성된다. 이와 대조하여, 상기 SLM은 액정의 굴절률을 변화시켜 굴절률×공간거리로서의 광로 길이를 변화시킴으로써, 파면을 보정하도록 구성된다. 도 8은 투과형 SLM을 도시하고 있다. 그렇지만, 반사형 SLM을 사용하는 것이 가능하다.

[0061] 도 8을 참조하면, 피검안(12)의 눈동자(122)와 SLM(2)은, 광학계(70)에 의해 광학적으로 공역한 관계로 배치되어 있다. 광학계(70)에는, 도 1 및 도 7의 구성에 있어서의 광학계(74, 75)와 스캐너 미러(5)가 포함되어 있는 것으로 한다. 사선으로 나타낸 광빔(900, 901)은 조명광을 나타내고, 파선으로 나타낸 마지널 광선을 가지는 광빔은 귀환광을 나타낸다. 또한, 파선은 광학계의 유효 지름도 나타낸다. SLM(2)은 광학계의 유효 지름과 동등한 유효 지름을 가진다.

[0062] 광빔(900)이 SLM(2)에 입사하면, 본 장치는, (도시되지 않은)파면검출기에서 검출되어서 산출된 보정형상함수  $W(x, y)$ 에 따라 광빔의 위상을 변조한다. 그 후, 그 광빔은, 광학계(70)와, 피검안(12)의 눈동자(122)에 입사된다. 그 후, 피검안(12)의 전안부 광학계에 의해 광빔이 망막(121)에 집광된다. 망막(121)으로부터의 귀환광(920)은, 전안부에서 수차가 주어질 때 전안부로부터 사출되고, 광학계(70)를 통해 SLM(2)에 재입사된다. 그

후, 광은, 변조되어서 SLM(2)로부터 사출된다. 검출기는, (도시되지 않은) 광학계를 거쳐서 광을 검출한다.

[0063] SLM(2)에 있어서, 보정형상함수 $W(x, y)$ 가 보정유효영역(21)내에만 표시되고, 이 범위를 투과한 조명광(900)과 귀환광(920)의 광만의 파면이 보정된다. 본 실시예는, 이 보정유효영역(21)의 중심을, 상기 제1실시에 및 제2실시예와 같이, 파면검출기(3)에서 검출되어서 산출된 피검안(12)의 쉬프트량에 따라 수시로 설정한다.

[0064] 도 9는 SLM(2)면에 변조를 행한 모양을 나타낸다. 사각형 프레임(20)은 SLM(2)의 변조 구동영역이다. 중심(10)은 광학계의 광축이다. 파선900(920)은 입사되는 조명광 또는 귀환광을 나타낸다. 참조번호 21은 보정유효영역을 의미한다. 변조 구동영역(20)내에 표시된 다수의 곡선은, 위상변조량이  $2\pi$ (파장단위로 표현된 보정량)의 배수가 되는 일련의 점들이다.

[0065] 이 경우에, 보정유효영역(21)내에는, 진술한 바와 같이 보정형상함수 $W(x, y)$ 가 표시되고, 그 영역21 외측의 영역22에는, 중심(10)을 기준으로서, 위상변조량이  $2\pi$ 단위가 되는 동심원이 작은 간격으로 다수 표시되도록 변조한다. 이것은, 회절방향으로 커지도록 광학 파워를 갖는 회절격자가 설정되어 있는 것을 가리킨다. 그 회절방향이 광축(10)으로부터 벗어나도록 (회절 파워가 네가티브가 되도록) 적절한 변조를 행하면, 상기 영역(22)을 투과한 광(902)은, 광학계(70)의 유효 지름으로부터 벗어나서, 피검안(12)에는 도달하지 않다. 이는 귀환광에도 적용한다. 영역(22)을 투과한 광(922)은, 그 후의 광학계를 지나지 않고 검출기에서 검출되지 않는다.

[0066] 이 구성에 의해, 눈동자 지름에 있어서 개인차와 변동이 있어도 어떠한 기구도 사용하지 않고, 피검안(12)에 입사하는 조명광(901)의 광빔 지름을 일정하게 하고, 망막(121)상의 스폿 지름(해상도)을 일정하게 할 수 있다. 이에 따라 안정한 밝기와 해상도를 갖는 화상을 취득하는 것이 가능하다. 또한, 필요에 따라, 보정유효영역(21)과 조명광 광도를 설정하면, 원하는 해상도로 촬상할 수 있다.

[0067] 이상의 실시예에서는 SLO를 예로서 설명했다. 예를 들면, 본 발명을 OCT나 안저카메라에 적용함으로써, 상술한 것과 같은 동일한 효과를 얻는 것이 가능하다.

[0068] 본 발명에 의하면, 피검안의 위치가 쉬프트하는 경우도, 그 쉬프트에 따라 수차보정을 행하고, 밝게 해상도가 높은 화상을 안정되게 얻는 것이 가능하다.

[0069] (기타의 실시예)

[0070] 또한, 본 발명의 측면들은, 메모리 디바이스에 기록된 프로그램을 판독 및 실행하여 상기 실시예(들)의 기능들을 수행하는 시스템 또는 장치(또는 CPU 또는 MPU 등의 디바이스들)의 컴퓨터에 의해서, 또한, 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해 수행된 단계들, 예를 들면, 메모리 디바이스에 기록된 프로그램을 판독 및 실행하여 상기 실시예(들)의 기능들을 수행하는 방법에 의해, 실현될 수도 있다. 이를 위해, 상기 프로그램은, 예를 들면, 네트워크를 통해 또는, 여러 가지 형태의 메모리 디바이스의 기록매체(예를 들면, 컴퓨터 판독 가능한 기억매체)로부터, 상기 컴퓨터에 제공된다.

[0071] 본 발명을 예시적 실시예들을 참조하여 기재하였지만, 본 발명은 상기 개시된 예시적 실시예들에 한정되지 않는다는 것을 알 것이다. 아래의 청구항의 범위는, 모든 변형예, 동등한 구조, 및 기능을 포함하도록 폭 넓게 해석해야 한다.

[0072] 본 출원은, 여기서 전체적으로 참고로 포함된, 2011년 4월 27일에 제출된 일본국 특허출원번호 2011-100136의 이점을 청구한다.

[0073] (부호의 설명)

[0074]            2 : 수차보정기                                 3 : 파면검출기

[0075] 4 : 광검출기 5 : 스캐너 미러

[0076] 6 : 화상취득용 레이저 광원                      8 : 퍼스널 컴퓨터

[0077]           9 : 사출 눈동자                         10 : 광학계의 광축

[0078] 11, 12 : 피검안 21 : 보정유효영역

[0079] 41 : 핀홀 50 : 드라이버

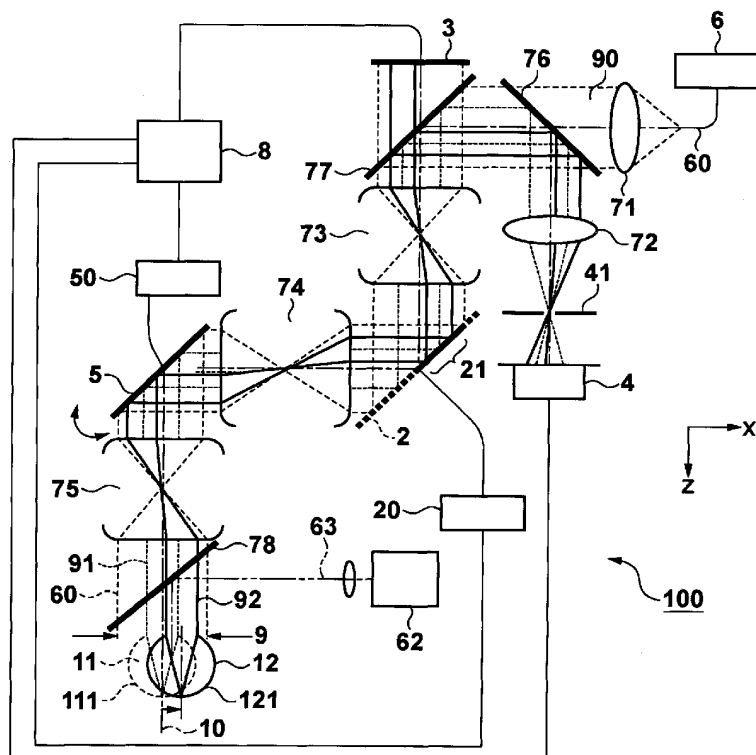
[0080]           60 : 싱글 모드 파이버                         62 : 광원

[0081]           63 : 광                                 71 : 콜리메이터 렌즈

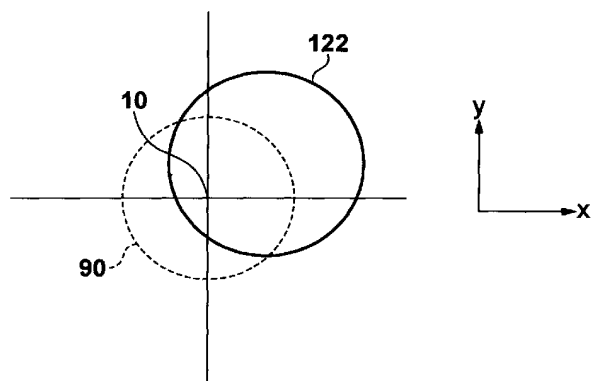
- |        |                  |                  |
|--------|------------------|------------------|
| [0082] | 72 : 결상 렌즈       | 73: 제1 어포컬 광학계   |
| [0083] | 74 : 제2 어포컬 광학계  | 75 : 접안 광학계      |
| [0084] | 76 : 반투명경        | 77 : 제1 다이클로익 미러 |
| [0085] | 78 : 제2 다이클로익 미러 | 90 : 조명광         |
| [0086] | 91, 92 : 귀환광     | 100 : SLO        |
| [0087] | 111, 121 : 망막    | 122 : 눈동자        |

도면

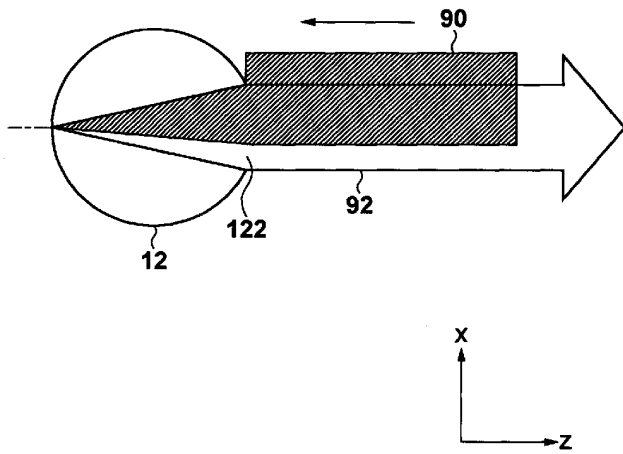
도면1



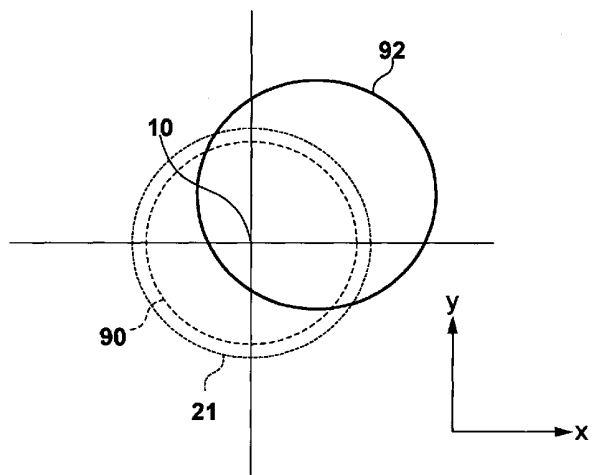
도면2



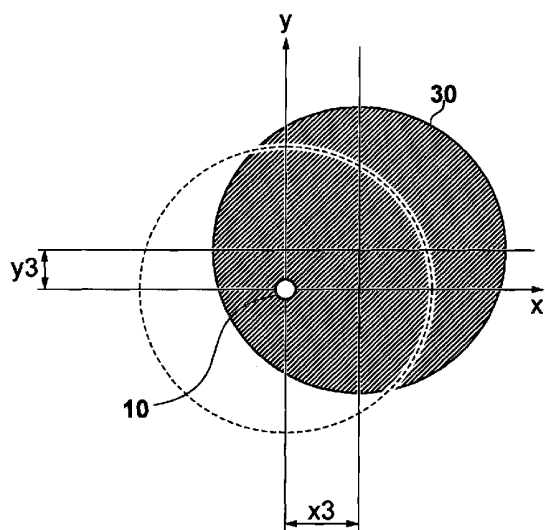
도면3



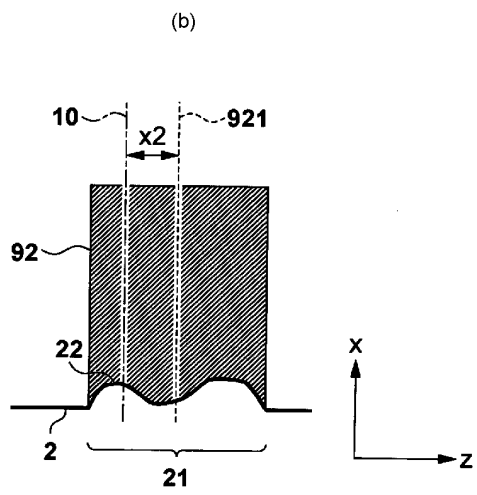
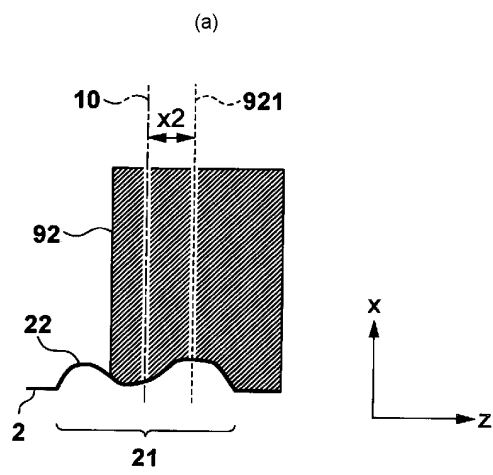
도면4



도면5

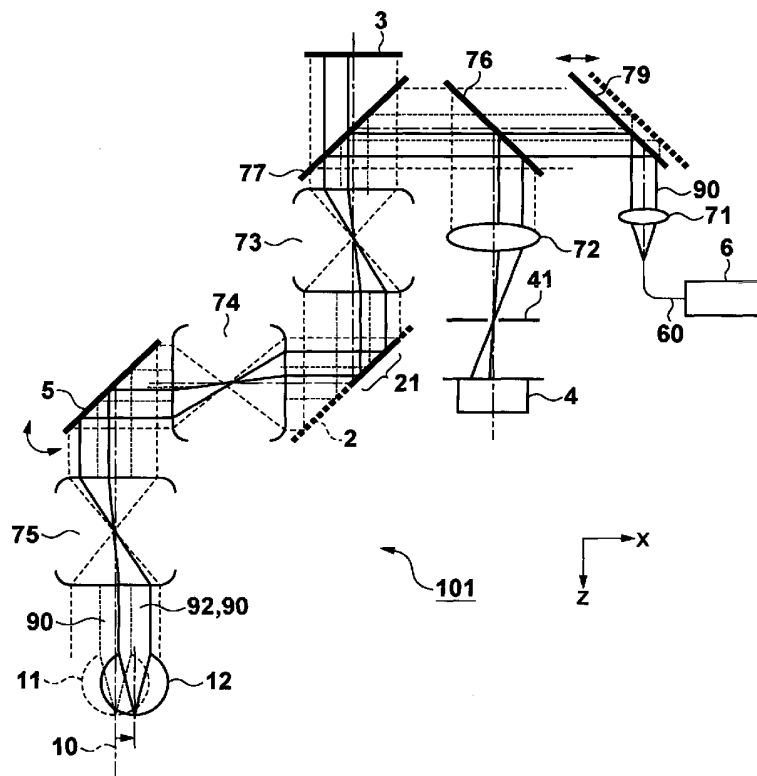


도면6

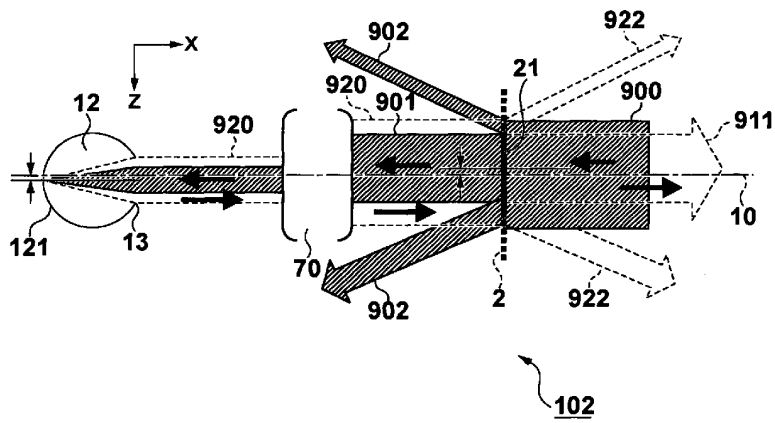




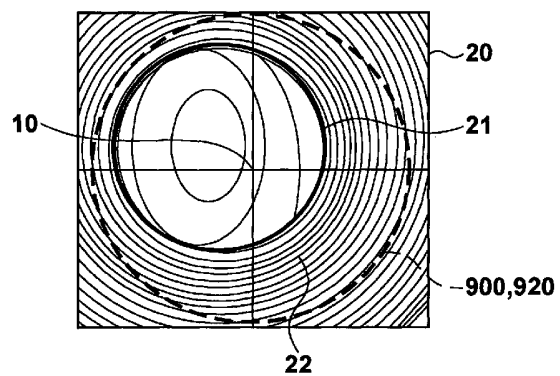
도면7



도면8



도면9



도면10

