



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0027288
(43) 공개일자 2012년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 3/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7028737
(22) 출원일자(국제) 2010년04월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2011년11월30일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2010/050713
(87) 국제공개번호 WO 2010/125394
국제공개일자 2010년11월04일
(30) 우선권주장
0907557.3 2009년05월01일 영국(GB)

(71) 출원인
옵토스 피엘씨
영국 파이프 던펌린 퀸즈페리 로드 카네기 비즈니스 캠퍼스 퀸즈페리 하우스 (우: 케이와이11 8지알)
(72) 발명자
그레이, 다니엘, 커티스
영국 케이와이11 8엘비 파이프 던펌라인 타마찬레인 14
월, 로버트
영국 이에이치 26 9비비 로터안 페니쿠익 크로켓가든스 11
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
남상선

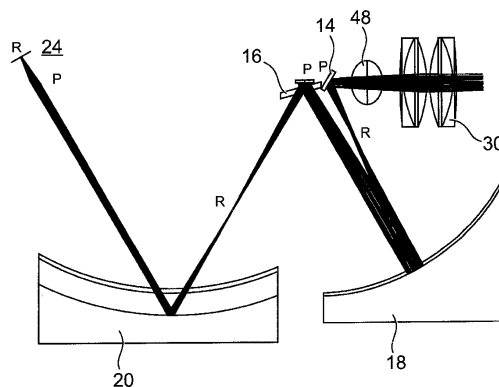
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 개량된 검안경

(57) 요약

본 발명은 눈 망막을 스캔하기 위한 검안경(10), 및 이 검안경을 작동시키는 방법을 제공한다. 상기 검안경은 시준광 광원(12), 제 1 스캔 요소(14) 및 제 2 스캔 요소(16)를 포함한다. 시준광 광원(12), 제 1 스캔 요소(14) 및 제 2 스캔 요소(16)는 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공한다. 상기 검안경(10)은 스캔 전달 장치(20)를 추가로 포함하는데, 상기 스캔 전달 장치(20)는 반사 요소이고, 두개 초점을 지니며, 겹보기 점 광원은 스캔 전달 장치(20)의 제 1 초점에서 제공되고, 눈(24)은 스캔 전달 장치(20)의 제 2 초점에서 조절되며, 스캔 전달 장치(20)는 2차원 시준광 스캔을 겹보기 점 광원으로부터 눈(24) 내로 전달한다. 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소(14, 16)는 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 선택되는 작동 파라미터를 갖는다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

로버트슨, 크레이크

영국 케이와이3 0티에프 파이프 아머도우어 인치
애브뉴 24

카이른스, 데이비드

영국 케이와이13 8에이비 파이프 킨로쓰 탈라 파크
15

특허청구의 범위

청구항 1

눈 망막을 스캔하기 위한 검안경(scanning ophthalmoscope)으로서,

시준광(collimated light) 광원;

제 1 스캔 요소; 및

제 2 스캔 요소를 포함하고,

스캔 전달 장치를 추가로 포함하며,

상기 시준광 광원 및 제 1 및 제 2 스캔 요소는 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하고,

상기 스캔 전달 장치는 반사 요소이고, 2개의 초점을 지니며, 상기 겹보기 점 광원은 스캔 전달 장치의 제 1 초점에서 제공되고, 눈은 상기 스캔 전달 장치의 제 2 초점에서 조절되고, 상기 스캔 전달 장치는 2차원 시준광 스캔을 겹보기 점 광원으로부터 눈 내로 전달하며,

상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 선택되는 작동 파라미터를 지니는, 검안경.

청구항 2

제 1항에 있어서, 제 1 및 제 2 스캔 요소 각각이 진동 메커니즘을 포함하고, 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터는 진동의 진폭, 진동 속도, 또는 진동의 회전 오프셋(offset)을 포함하는, 검안경.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 스캔 전달 장치가 비구면 미러(aspherical mirror), 타원체 미러(ellipsoidal mirror), 한쌍의 포물선 미러(parabola mirror), 또는 한쌍의 포물면 미러(paraboloidal mirror)를 포함하는, 검안경.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서, 검안경이 스캔 릴레이 장치(scan relay device)를 추가로 포함하고, 시준광 광원, 제 1 및 제 2 스캔 요소, 및 스캔 릴레이 장치는 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는, 검안경.

청구항 5

제 4항에 있어서, 스캔 릴레이 장치가 두개의 초점을 포함하고, 스캔 릴레이 장치의 한 초점이 스캔 전달 장치의 한 초점과 일치하는, 검안경.

청구항 6

제 4항 또는 제 5항에 있어서, 스캔 릴레이 장치가 타원형 미러, 비구면 미러, 타원체 미러, 한쌍의 포물선 미러, 또는 한쌍의 포물면 미러를 포함하는, 검안경.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서, 제 2 스캔 요소의 회전 축이 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행하거나 수직인, 검안경.

청구항 8

제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서, 제 1 스캔 요소의 회전 축이 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행하거나 수직인, 검안경.

청구항 9

제 4항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 있어서, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 스캔 릴레이 장치는 1차원 시준광 스캔을 생성하고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면 상에 실질적으로 놓이거나, 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 수직인, 검안경.

청구항 10

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서, 검안경이, 망막의 스캔된 영역 상에 영상을 생성시키도록 망막으로부터 반사된 빛을 검출하는 광 검출 장치를 추가로 포함하는, 검안경.

청구항 11

제 1항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서, 검안경이, 공통 광 경로 내 반사된 빛에서 파면 수차를 검출하는 파면 감지 장치; 및 시준광 광원과 눈 사이의 공통 광 경로에 배치된 적응광학 요소(adaptive optical element)를 포함하는 반사된 빛에서의 파면 수차를 보상하기 위한 파면 보상 장치를 추가로 포함하는, 검안경.

청구항 12

제 11항에 있어서, 파면 감지 장치가 하트만-샤크 검출기(Hartmann-Shack detector)를 포함하는, 검안경.

청구항 13

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 적응광학 요소가 변형가능 미러를 포함하는, 검안경.

청구항 14

눈 망막을 스캔하기 위한 방법으로서,

시준광 광원, 작동 파라미터를 지니는, 제 1 스캔 요소 및 제 2 스캔 요소를 제공하는 단계;

시준광 광원, 및 제 1 및 제 2 스캔 요소를 함께 사용하여 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 단계;

겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하기 위해 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터를 선택하는 단계;

두개의 초점을 가지며, 반사 요소인 스캔 전달 장치를 제공하는 단계; 및

상기 스캔 전달 장치의 제 1 초점에서 겹보기 점 광원을 제공하고 상기 스캔 전달 장치의 제 2 초점에서 눈을 조절하는 단계; 및

2차원 시준광 스캔을 겹보기 점 광원으로부터 눈으로 전달하기 위해 스캔 전달 장치를 사용하는 단계를 포함하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 15

제 14항에 있어서, 스캔 릴레이 장치를 제공하는 추가 단계를 포함하고, 시준광 광원, 제 1 및 제 2 스캔 요소 및 스캔 릴레이 장치가 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서, 스캔 릴레이 장치가 두개 초점을 포함하고, 스캔 릴레이 장치의 한 초점은 스캔 전달 장치의 한 초점과 일치하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 17

제 14항 내지 제 16항 중 어느 한 항에 있어서, 제 2 스캔 요소의 회전 축이 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행하거나 수직인, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 18

제 14항 내지 제 16항 중 어느 한 항에 있어서, 제 1 스캔 요소의 회전 축이 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행하거나 수직인, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 19

제 15항 내지 제 17항 중 어느 한 항에 있어서, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 스캔 릴레이 장치가 1차원 시준광 스캔을 생성하고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 상기 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면 상에 실질적으로 놓이거나, 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 수직인, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 20

제 14항 내지 제 19항 중 어느 한 항에 있어서, 망막으로부터 반사된 빛을 검출하는 광 검출 장치를 제공하고, 망막의 스캔된 영역의 영상을 생성시키도록 상기 광 검출 장치를 사용하는 추가 단계를 포함하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 21

제 14항 내지 제 20항 중 어느 한 항에 있어서, 공통 광 경로 내 반사된 빛에서의 파면 수차를 검출하기 위한 파면 감지 장치, 및 시준광 광원과 눈 사이의 공통 광 경로에 배치된 적응광학 요소를 포함하는 파면 보상 장치를 제공하고; 공통 광 경로 내 반사된 빛에서의 파면 수차를 보상하기 위해 파면 보상 장치를 사용하는 추가 단계를 포함하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 22

제 14항 내지 제 21항 중 어느 한 항에 있어서, 제 1 및 제 2 스캔 요소에 대해 사전결정되어 선택된 작동 파라미터의 프로그램을 제공하고, 망막의 복수개 영상을 생성시키도록 사전결정되어 선택된 작동 파라미터의 프로그램을 따르는 추가 단계를 포함하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 23

제 22항에 있어서, 망막의 복수개 영상의 일부 또는 전부를 조합하여 망막의 몽타주를 형성시키는 추가 단계를 포함하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 24

제 14항 내지 제 23항 중 어느 한 항에 있어서, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 각 진폭(the amplitude of the angle)을 가변시키는 추가 단계를 포함하는, 눈 망막 스캔 방법.

청구항 25

제 24항에 있어서, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 각 진폭이, 스캔 요소와 스캔 전달 장치 및 스캔 릴레이 장치 사이에서의 배율을 조정함으로써 가변되는, 눈 망막 스캔 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 사람 눈의 망막을 스캔하기 위한 레이저 검안경(scanning laser ophthalmoscope: SLO), 및 사람 눈의 망막을 스캔하는 방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로, 본 발명은 눈 및 SLO에 의해 비췌된 파면 수차를 보상하기 위해 적응광학(adaptive optics: AO)을 사용하는 것을 포함하는, 사람 눈의 망막을 스캔하기 위한 레이저 검안경(SLO), 및 사람 눈의 망막을 스캔하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 살아있는 눈에서의 세포 영상화로부터, 원래 천문학으로부터 유래한 적응광학 기술(AO)을 사용할 수 있는 것으로 증명되었다. 눈의 불완전한 광학에 의해 도입된 원치않는 빔 왜곡을 측정하고 보정하면, 망막의 실질적으로

더 높은 해상도의 영상이 얻어질 수 있게 된다. 눈의 광수용체 층에서 AO 기술 개별 추체(cone)의 사용이 설명될 수 있다. 이는 눈에서 병리를 진단하는 능력을 돕는다.

[0003] 요구된 해상도의 영상은 단지 사람 눈에 의해 도입된 수차를 보정함으로써만 가능하다. 이렇게 하기 위해서는, 눈 동공이 놓이는 동일한 평면 상에서 이러한 수차를 측정하고 동일한 평면 상에서 이들을 보정하는 것이 필요하다. 이를 달성하기 위해서는, 상기 측정 및 보정이 이루어지도록 동공의 영상을 이격되어 있는(in space) 상이한 평면으로 릴레이(relay) 시켜야 한다. 물체의 영상이 형성되는 평면은 그 물체와 컨쥬게이트되는 것으로 칭해진다. 그러므로, 이 경우에는 측정이 이루어질 수 있는 눈 동공의 하나의 컨쥬게이트 평면, 및 보정이 이루어지는 제 2 컨쥬게이트 평면을 형성시켜야 한다. 파면 감지 방법, 예컨대 하트만-샤크 센서(Hartmann-Shack sensor)는 망원경(telescope)에 의해 복제된 복사본 또는 실제 눈 동공의 영상일 수 있는, 동공 컨쥬게이트를 가로질러 완전한 시준 빔(collimated beam)에서는 이상적으로 평면인 파면을 견본화하고(sample), 동공에서 수차를 재구성한다. 감지된 파면 수차는 이 수차를 보상하기 위해 광 경로에 배치된 AO 장치, 예컨대 변형 가능 미러를 제어하는데 사용된다. 이러한 측정 및 보정 방법은 신속한 제어 루프 내에서 이루어지므로, 동적 인열 막(dynamic tear film)과 같은 인자가 보상될 수 있다.

[0004] 또한, 광검출은 눈의 망막과 컨쥬게이트된 평면에서 실시되어야 하며, 이 검출기의 렌즈는 눈 동공과 컨쥬게이트된 평면 상에 놓여야 한다. 그러므로, AO 시스템에서는 망막 및 동공의 컨쥬게이트 평면의 위치가 매우 중요하다.

[0005] 본 출원인의 유럽 특허 번호 제 0730428호 및 유럽 특허 출원 번호 제 0773321406호에 기재된 것들과 같은 레이저 검안경(SLO)이 망막 영상화를 위한 효과적인 진단 기구로 잘 확립되어 있다. 근본적으로, 빛의 레이저 빔은 반송된 에너지를 사용하여 망막을 가로질러 횡단하여 프레임 저장소 내로 수집된 다음 영상을 형성한다. 망막을 가로질러 빛을 범람시키는 더욱 통상적인 안저 카메라와는 대조적으로, 레이저 빔은 한번에 단 하나의 픽셀만을 조명하기 때문에 신호-잡음(signal to noise), 및 진단 표적 이외에 레이저로부터의 반사물을 거부하는 능력의 측면에서 이점을 가져온다. SLO 시스템에서, 레이저 광은 하나의 스캔 요소로부터 제 2의 스캔 요소로, 그런 다음 눈 내로 릴레이된다. 이러한 결합(coupling)은 잘 형성된 레이저 빔이, 직각의 선형 스캔, 낮은 손실율의 전달 및 전자 도메인 내로의 고효율 전환을 지닌 채로 동공으로 들어가게 하기 위한 것이다.

[0006] 눈 망막의 고해상도 영상을 얻을 수 있는, US 7118216호(로체스터 대학)에 기재된 것과 같은 적응광학 레이저 검안경(AOSLO)이 또한 공지되어 있다.

[0007] 눈의 1 내지 2도의 등평면각(isoplanatic angle)의 결과로 고배율을 갖는 세포 스케일(cellular scale)에서는, 망막의 중요한 황반 영역의 영상이 형성되도록 하기 위해 여러차례의 스캔이 실시되어야 한다. 이 후 영상의 몽타주(montage)가 형성되어, 망막 황반 영역의 전체 영상이 얻어진다.

[0008] 이러한 공지된 AOSLO이 망막의 중요한 황반 영역의 고해상도 영상의 몽타주를 생성시킬 수 있기는 하지만, 상기 AOSLO는 이들이 망막의 움직임 잡음(movement artefact)을 최소화시키기에 충분히 신속한 속도에서 개별 영상을 수집할 수 없다는 점에서 제한된다. 예를 들어, 몇몇의 공지된 AOSLO에서 고해상도 영상을 얻기 위해서는, 매 스캔 전에 AOSLO에 대해 환자 동공을 재배치시켜야 한다. 이는 각각의 스캔 사이에 상당한 지연을 도입시킨다. 또한, 환자 동공의 재배치는 각각의 스캔 사이에 연속적인 에러(continuity error)를 도입시킨다. 이 결과, 상기 몽타주 내로 불연속성, 왜곡 및 에러가 도입되게 되는데, 이에 의해 눈에서의 병리 진단이 더욱 어려워지게 된다. 이는 또한 전체 영상화 세션에 복잡성 및 시간을 추가시킨다.

[0009] 더욱 광범위한 시야각에 접근하도록 의도되는 비타원형 릴레이(non-elliptical relay)를 갖는 시스템은 큰 범위 및 조정가능한 수차를 얻기 위해서 비축(off axis) 구면 릴레이를 사용해야 하고, 릴레이 초점 거리는 매우 커야 하는데, 이에 의해 운반 및 임상 환경에 대해서는 실용적이지 않은 전체 시스템 사이즈가 얻어진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 과제는, 상기 언급된 단점의 하나 이상이 제거되거나 경감된, 사람 눈의 망막을 스캔하기 위한 레이저 검안경(SLO), 및 사람 눈의 망막을 스캔하기 위한 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 제 1 양태에 따르면,
- [0012] 시준광 광원;
- [0013] 제 1 스캔 요소; 및
- [0014] 제 2 스캔 요소를 포함하고,
- [0015] 스캔 전달 장치를 추가로 포함하며,
- [0016] 상기 시준광 광원 및 제 1 및 제 2 스캔 요소는 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하고,
- [0017] 상기 스캔 전달 장치는 2개의 초점을 지니며, 상기 겹보기 점 광원은 스캔 전달 장치의 제 1 초점에서 제공되고, 눈은 상기 스캔 전달 장치의 제 2 초점에서 조절되고, 상기 스캔 전달 장치는 2차원 시준광 스캔을 겹보기 점 광원으로부터 눈 내로 전달하며,
- [0018] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 선택되는 작동 파라미터를 지니는, 눈의 망막을 스캔 하기 위한 검안경이 제공된다.
- [0019] 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터를 선택함으로써 망막 상에서 스캔의 위치 및 영역의 사이즈가 제어될 수 있다. 예를 들어, 제 1 및 제 2 스캔 요소는 "최대 영역"의 2차원 시준광 스캔이 생성되도록 구성될 수 있다. 이 후 작동 파라미터들은, "더욱 작은 영역"의 스캔이 "최대 영역" 스캔 내 임의의 지점에서 생성될 수 있도록 스캔의 수평/수직 치수를 조정하게끔 선택될 수 있다. 이에 의해 망막의 고해상도 영상의 몽타주가 형성되도록 작동 파라미터를 적절하게 선택함으로써, 상기 "더욱 작은 영역"의 스캔이 "최대 영역" 내에서 망막을 가로질러 효율적으로 이동할 수 있게 된다.
- [0020] 사용된 스캔 요소에 따라 다르기는 하지만, 상기 작동 파라미터는 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 스캔 요소가 회전, 또는 진동하는 요소라면, 상기 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향이 제어될 수 있다. 그러나, 스캔 요소들이 라인(line) 스캔 요소(예를 들어, 레이저 라인 스캐너)이면, 상기 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수가 제어될 수 있다. 회전, 진동 및 라인 스캔 요소가 함께 SLO 내에서 제 1 및 제 2 스캔 요소로 사용될 수 있음이 이해되어야 한다.
- [0021] 중요하게는, 상기 2차원 시준광 스캔은, 제 1 및 제 2 스캔 요소의 선택된 작동 파라미터와는 상관없이, 겹보기 점 광원으로부터 항상 생성된다.
- [0022] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는 진동 메커니즘을 포함할 수 있다. 상기 진동 메커니즘은 공명 스캐너일 수 있다.
- [0023] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는 진동 평면 미러(plane mirror)를 포함할 수 있다. 상기 진동 평면 미러는 갈바노 미러(galvanometer mirror)일 수 있다.
- [0024] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는 회전 메커니즘을 포함할 수 있다. 상기 회전 메커니즘은 회전 다면 미러(polygon mirror)를 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는 라인 스캔 요소를 포함할 수 있다. 상기 라인 스캔 요소는 레이저 라인 스캐너를 포함할 수 있다. 상기 레이저 라인은 회전성 광학 요소, 원통형 렌즈, 또는 레이저 라인을 형성하는 다른 공지된 수단에 의해 생성될 수 있다.
- [0026] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소는 상술된 진동 메커니즘, 회전 메커니즘 또는 라인 스캔 요소의 조합을 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터는 진동의 진폭 및 진동의 회전 오프셋(offset)을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터는 또한 진동 속도를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 검안경은 눈의 동공점(pupillary point)에서 측정된, 눈 망막의 150도 이하, 예를 들어 120도, 110도, 90도, 60도, 40도, 20도의 스캔을 생성할 수 있다. 상기 검안경은 눈의 2mm 팽창되지 않은 동공을 통해, 눈 망막의 상기 스캔들을 생성할 수 있다. 그러나, SLO가 또한, 예를 들어 AO 측정에 대해 알려진 바와 같이 8mm의 팽

창된 동공을 통해, 눈 망막의 스캔을 생성할 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

- [0029] 상기 진동 메커니즘은 10도 이하, 예를 들어 1도, 2도, 3도, 4도, 5도, 6도, 7도, 8도, 9도, 10도의 가변 각 진폭(variable angular amplitude)을 생성할 수 있다.
- [0030] 상기 진동 메커니즘은 또한 배율을 조정하고 더욱 작은 진동 미러를 사용함으로써 40도 이하의 가변 각 진폭을 생성할 수 있다. 이는 릴레이 배율(relay magnification)에 의해 실시된다.
- [0031] 상기 스캔 전달 장치는 타원형 미러(elliptical mirror)를 포함할 수 있다. 상기 스캔 전달 장치는 비구면 미러를 포함할 수 있다. 상기 스캔 전달 장치는 타원체 미러(ellipsoidal mirror)를 포함할 수 있다. 상기 스캔 전달 장치는 한쌍의 포물선 미러(parabola mirror)를 포함할 수 있다. 상기 스캔 전달 장치는 한쌍의 포물면 미러(paraboloidal mirror)를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 시준광 광원은 레이저 광원을 포함할 수 있다. 시준광 광원은 발광 다이오드, 예컨대 섬유 결합된 초 발광 다이오드(SLD)를 포함할 수 있다.
- [0033] 시준광 광원은 바람직하게는 집중적이며(intense) 근적외선이고 근 공간 간접성이며 고도로 시준된다.
- [0034] 본 발명의 상기 검안경은 스캔 릴레이 장치를 추가로 포함할 수 있다. 시준광 광원, 제 1 및 제 2 스캔 요소, 및 스캔 릴레이 장치가 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공한다.
- [0035] 상기 스캔 릴레이 장치는 2개의 초점을 포함할 수 있다. 스캔 릴레이 장치의 한 초점은 스캔 전달 장치의 한 초점과 일치할 수 있다.
- [0036] 상기 스캔 릴레이 장치는 타원형 미러를 포함할 수 있다. 상기 스캔 릴레이 장치는 비구면 미러를 포함할 수 있다. 상기 스캔 릴레이 장치는 타원체 미러를 포함할 수 있다. 상기 스캔 릴레이 장치는 한쌍의 포물선 미러를 포함할 수 있다. 상기 스캔 릴레이 장치는 한쌍의 포물면 미러를 포함할 수 있다.
- [0037] 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행할 수 있다. 다르게는, 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.
- [0038] 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행할 수 있다. 다르게는, 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.
- [0039] 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 상기 스캔 릴레이 장치는 1차원 시준광 스캔을 생성할 수 있고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 상기 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면 상에 실질적으로 놓일 수 있다.
- [0040] 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 5도 이내에 위치할 수 있다. 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 2도 이내에 위치할 수 있다. 제 2 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은, 검안경의 하나 이상의 부품의 선택된 편심률(eccentricities)에 의존하는 평행도를 가질 수 있다. 제 2 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은, 검안경에 의해 생성된 망막의 영상 내 허용가능한 전단력 수준에 따라서 검안경의 사용자에게 의해 측정된 평행도를 지닐 수 있다.
- [0041] 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은, 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 대략 5도 이내에 위치할 수 있다. 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은, 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 대략 2도 이내에 위치할 수 있다. 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인, 및 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면은, 검안경의 하나 이상의 부품의 선택된 편심률에 의존하는 일치도(a degree of coincidence)를 가질 수 있다. 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인, 및 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광에 스캔에 의해 형성된 평면은, 검안경에 의해 생성된 망막의 영상 내 허용되는 전단력 수준에 따라서 검안경의 사용자에게 의해 측정된 일치도를 가질 수 있다.
- [0042] 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 스캔 릴레이 장치는 1차원 시준광 스캔을 생성할 수 있고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.

- [0043] 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 5도 이내에 위치할 수 있다. 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 2도 이내에 위치할 수 있다. 제 1 스캔 요소의 회전 축 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 검안경의 하나 이상의 부품의 선택된 편심률에 의존하는 평행도를 지닐 수 있다. 제 1 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은, 검안경에 의해 생성된 망막의 영상 내 허용가능한 전단력 수준에 따라서 검안경의 사용자에게 의해 측정된 평행도를 지닐 수 있다.
- [0044] 검안경의 부품은, 겹보기 점 광원이 눈 동공에서 정지되도록 배열된다. 이에 의해, 눈 망막으로부터 역으로(back) 반사된 빛이 검안경의 공통 광 경로 내로 역으로 수용되게 된다.
- [0045] 본 발명의 상기 검안경은,
- [0046] 망막의 스캔된 영역의 영상이 생성되도록 망막으로부터 반사된 빛을 검출하는 광 검출 장치를 추가로 포함할 수 있다.
- [0047] 상기 광 검출 장치는 광전배증관(photomultiplier) 또는 사태 광다이오드(avalanche photodiode: APD)를 포함할 수 있다. 상기 검출기는 잡음이 적고 이득이 높은 것이 바람직하다.
- [0048] 본 발명의 상기 검안경은,
- [0049] 공통 광 경로 내 반사된 빛에서 파면 수차를 검출하는 파면 감지 장치; 및
- [0050] 시준광 광원과 눈 사이의 공통 광 경로 내에 배치된 적응광학 요소를 포함하는, 반사된 빛에서 파면 수차를 보상하기 위한 파면 보상 장치를 추가로 포함할 수 있다.
- [0051] 반사된 빛에서의 파면 수차는 눈 및/또는 검안경에 의해 도입된 수차를 포함할 수 있다. 검안경에 의해 도입된 파면 수차는, 제 1 스캔 요소, 제 2 스캔 요소, 스캔 릴레이 장치 또는 스캔 전달 장치에 의해 도입된 수차를 포함할 수 있다.
- [0052] 상기 파면 보상 장치는 눈에 의해 도입된 수차, 및/또는 제 1 스캔 요소, 제 2 스캔 요소, 스캔 릴레이 장치 또는 스캔 전달 장치에 의해 도입된 파면 수차를 보상한다.
- [0053] 상기 파면 감지 장치는 하트만-샷 검출기 또는 전하 결합 소자(Charge Coupled Device: CCD)를 포함할 수 있다.
- [0054] 상기 적응광학 요소는 변형가능 미러를 포함할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 제 2 양태에 따르면,
- [0056] 시준광 광원, 작동 파라미터를 지니는, 제 1 스캔 요소 및 제 2 스캔 요소를 제공하는 단계;
- [0057] 시준광 광원, 및 제 1 및 제 2 스캔 요소를 함께 사용하여 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 단계;
- [0058] 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나, 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하기 위해 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터를 선택하는 단계;
- [0059] 두개의 초점을 갖는 스캔 전달 장치를 제공하는 단계;
- [0060] 상기 스캔 전달 장치의 제 1 초점에서 겹보기 점 광원을 제공하고 상기 스캔 전달 장치의 제 2 초점에서 눈을 조절하는 단계; 및
- [0061] 2차원 시준광 스캔을 겹보기 점 광원으로부터 눈으로 전달하기 위해 스캔 전달 장치를 사용하는 단계를 포함하는, 눈의 망막을 스캔하는 방법이 제공된다.
- [0062] 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터를 선택함으로써, 망막 상에서 스캔의 위치 및 영역의 사이즈가 제어될 수 있다. 예를 들어, 제 1 및 제 2 스캔 요소는 "최대 영역"의 2차원 시준광 스캔이 생성되도록 구성될 수 있다. 이 후 작동 파라미터들은, "더욱 작은 영역"의 스캔이 "최대 영역" 스캔 내의 임의의 지점에서 생성될 수 있도록 스캔의 수평/수직 치수를 조정하게끔 선택될 수 있다. 이에 의해 망막의 고해상도 영상의 몽타주가 형성되도록 작동 파라미터를 적절하게 선택함으로써, 상기 "더욱 작은 영역" 스캔이 "최대 영역" 내에서 망막을 가로질러 효율적으로 이동할 수 있게 된다.

- [0063] 사용된 스캔 요소에 따라 다르기는 하지만, 상기 작동 파라미터는 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하고/거나 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수를 조정하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 스캔 요소가 회전, 또는 진동하는 요소이면, 상기 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향이 제어될 수 있다. 그러나, 스캔 요소가 라인 스캔 요소(예를 들어, 레이저 라인 스캐너)이면, 상기 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수가 제어될 수 있다. 회전, 진동 및 라인 스캔 요소가 함께 SLO 내에서 제 1 및 제 2 스캔 요소로 사용될 수 있음이 이해되어야 한다.
- [0064] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은 스캔 릴레이 장치를 제공하는 단계로서, 시준광 광원, 제 1 및 제 2 스캔 요소, 및 스캔 릴레이 장치가 함께 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 단계를 또한 포함할 수 있다.
- [0065] 상기 스캔 릴레이 장치는 2개의 초점을 포함할 수 있고, 스캔 릴레이 장치의 한 초점은 스캔 전달 장치의 한 초점과 일치할 수 있다.
- [0066] 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행할 수 있다. 다르게는, 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.
- [0067] 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 평행할 수 있다. 다르게는, 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.
- [0068] 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 상기 스캔 릴레이 장치는 1차원 시준광 스캔을 생성할 수 있고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 상기 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면 상에 실질적으로 놓일 수 있다. 다르게는, 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 상기 스캔 릴레이 장치는 1차원 시준광 스캔을 생성할 수 있고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 상기 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.
- [0069] 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 스캔 보상 장치는 1차원 시준광 스캔을 생성하고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은, 제 2 스캔 요소의 회전 축이 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 평행하는 경우에는 스캔 보상 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 규정된 평면 상에 실질적으로 놓이거나, 또는 제 2 스캔 요소의 회전 축이 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 수직인 경우에는 1차원 시준광 스캔에 의해 규정된 평면에 대해 실질적으로 수직이다.
- [0070] 검안경의 부품은 겔보기 점 광원이 눈 동공에서 정지되도록 배열된다. 이에 의해, 눈 망막으로부터 역으로 반사된 빛이 검안경의 공통 광 경로 내로 역으로 수용되게 된다.
- [0071] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은, 망막으로부터 반사된 빛을 검출하는 광 검출 장치를 제공하는 단계, 및 망막의 스캔된 영역의 영상이 생성되도록 상기 광 검출 장치를 사용하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0072] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은, 공통 광 경로 내 반사된 빛에서 파면 수차를 검출하는 파면 감지 장치, 및 시준광 광원과 눈 사이의 공통 광 경로 내에 배치된 적응광학 요소를 포함하는 파면 보상 장치를 제공하는 단계; 및 공통 광 경로 내 반사된 빛에서 파면 수차를 보상하기 위해 파면 보상 장치를 사용하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0073] 반사된 빛에서의 파면 수차는 눈 및/또는 검안경에 의해 도입된 수차를 포함할 수 있다. 검안경에 의해 도입된 파면 수차는 제 1 스캔 요소, 제 2 스캔 요소, 및 스캔 릴레이 장치 또는 스캔 전달 장치에 의해 도입된 수차를 포함할 수 있다. 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은 망막의 고해상도 영상이 얻어지도록 이러한 수차 중 하나 또는 둘 모두를 보상한다.
- [0074] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은, 제 1 및 제 2 스캔 요소에 대해 사전결정되어 선택된 작동 파라미터의 프로그램을 제공하고, 망막의 복수개 영상을 생성시키도록 사전결정되어 선택된 작동 파라미터의 프로그램을 따르는 단계를 포함할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은, 망막의 복수개 영상의 적어도 일부를 조합하여 망막의 몽타주를 형성시키는 단계를 포함할 수 있다.

- [0076] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법에 의해, 스캔 영역이 망막을 가로질러 효과적으로 이동될 수 있게 함으로써 망막의 다수의 상이한 영역들이 스캔될 수 있다. 따라서, 다수의 고해상도 영상이 얻어질 수 있고 이들이 조합되어 망막의 고해상도 영상의 몽타주가 제공될 수 있다.
- [0077] 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터는 소프트웨어의 제어 하에서 구동될 수 있다. 이에 의해 조립된 복합 몽타주에서 정밀한 관련성을 지니면서 예측가능하고 반복가능한 서브-스캔들이 얻어질 수 있다.
- [0078] 본 발명의 상기 눈 망막을 스캔하는 방법은, 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 스캔 각 크기를 변화시키는 단계를 포함할 수 있다. 겔보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 스캔 각 진폭(angular amplitude)을 변화시키는 것은, 스캔 요소와 스캔 전달 장치 및 스캔 릴레이 장치 사이에서 배율을 조정함으로써 실시될 수 있다.
- [0079] 상술된 제 1 및 제 2 스캔 요소, 스캔 릴레이 장치, 스캔 전달 장치 및 적응 광학의 조합에 의해, 높은 해상도에서 좁은 시야각의 망막 영상을 포착하고 그러한 시야각을 망막을 가로질러 이동시켜 피검체의 동공 위치를 조정하지 않고 연속 영상 몽타주를 형성시키는 독특한 능력이 가능해진다. 이러한 능력은 필수적인 것은 아니지만, 타원체 미러인 스캔 릴레이 장치 및 스캔 전달 장치에 의해 보조된다.
- [0080] 눈에서의 동공 컨쥬게이트는 심지어 큰 스케일의 스캔 변화를 이용하여 이동하지 않기 때문에, 영상의 몽타주는 이러한 방식으로 얻어지는 것이 더욱 용이하다. 광축은 눈 동공 상에서 모여진 채로 유지되고 적응광학 요소의 변형가능 미러로 릴레이되는 그러한 동공의 영상은 많이 이동되지 않아야 한다. 따라서, 눈 수정체의 그러한 부분에 대해 측정된 수차는 이동하거나 변형되지 않으므로, 적응광학 루프 및 변경가능한 미러 보정은 효과적인 채로 유지된다.

도면의 간단한 설명

- [0081] 본 발명의 구체예가, 첨부된 도면을 참조로, 단지 예를 들어 이하에서 기술될 것이다.
- 도 1은 시준광 광원과 피검체 눈 사이에서 공통의 광 경로를 나타내는, 본 발명에 따른 레이저 검안경(SLO)의 광학적 개략도이다.
- 도 2는 스캔 전달 장치와 스캔 릴레이 장치의 표면을 나타내는, 도 1의 SLO의 90도 회전도이다.
- 도 3은 도 1의 SLO의 시준광 광원, 제 1 및 제 2 스캔 요소, 스캔 릴레이 장치 및 스캔 전달 장치의 단순화된 광 개략도로서, 이는 제 1 스캔 요소와 피검체 눈 사이에서 시준광의 스캔 경로를 나타낸다.
- 도 4는 도 1의 SLO의 개략적인 광선(ray) 다이어그램이다.
- 도 5는 파면 감지 표식(beacon)을 나타내는, 도 1의 SLO의 광 개략도이다.
- 도 6은 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터의 조정을 나타내는 개략도이다.
- 도 7은 도 1의 SLO를 사용하여 실시된 작동 단계들의 흐름도이다.
- 상기 도 1 내지 4에서 눈의 동공에 대해 컨쥬게이트되는 광 경로 상의 점들은 P로 표시되며, 눈 망막에 대해 컨쥬게이트되는 광 경로의 점들은 R로 표시된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0082] 도 1 내지 3을 참조하면, 레이저 검안경(SLO: 10)은 시준광 광원(12), 제 1 스캔 요소(14), 제 2 스캔 요소(16), 스캔 릴레이 장치(18), 및 스캔 전달 장치(20)를 포함한다.
- [0083] 여기서 설명된 구체예에서 시준광 광원(12)은 초 발광 다이오드(SLD)이다. 그러나, 시준광의 임의의 적합한 광원, 예컨대 단일 주파수 레이저 다이오드, 수직-공동 표면 발광 레이저, 또는 잘 시준되기에 충분한 세기 및 공간 간섭성을 가지며 적절한 망막 조명이 생성되는 다른 광원이 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. SLD는 반점을 감소시키도록 선택되었다. 상기 SLD는 20nm 이상의 대역폭을 가질 수 있다. 그러나, 20nm 미만 또는 이를 초과하는 대역폭을 갖는 SLD가 또한 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. SLD는, 사인모양의 신속한 스캔 동안 온/오프 변조가 제공되도록, 섬유가 섬유 결합된 변조기(필요한 경우)를 통과하게끔 유지하는 편광도로 결합된 섬유이다. 레이저 빔(13)이, 6.5mm의 출력(output) 직경을 갖는 섬유 시준기(도시되지 않음)를 구비한 시스템 내로 주입된다. 상기 섬유 시준기는 회전되는 팁/틸트 마운트(tip/tilt mount) 상에 놓인다. 상기 시준기의 회전은 90/10(시스템 내로의 선형의 편광된 빛의 10%를 반사하고 반사된 빛의 90%를 투과함)의, 주입시 빔 분할

이 얻어지도록 입력 편광도가 설정되게 하는데 필요하다. 레이저는 레이저 마운트 상의 틸/틸트, 및 빔 분할기(22)의 마운트 상의 틸/틸트를 사용하여 시스템 내로 정렬된다. 섬유 결합 장치는 용이한 정렬 및 교체를 용이하게 한다.

- [0084] 시준광 광원(12)은 고도로 시준된 빔이 생성되도록 집중적이고 근적외선이며 공간 간섭성인 것이 바람직하다.
- [0085] 빔 분할기(22)는 5mm 두께의 미코팅된 BK7 윈도우이며, SLD로부터 레이저 빔(13)에 대해 45도로 배향된다. 빔 분할기(22)의 후면은 검출기 내로의 후면 반사(back reflection)를 감소시키도록 반사 방지처리되어 있다(이하에서 확인됨).
- [0086] 후면 반사를 최소화하기 위해 최적화된 파장을 갖는 고효율 코팅, 공간 필터링 및 적절한 개구 제어 전부는 시스템 설계의 중요 부분을 형성한다.
- [0087] 제 1 스캔 요소(14)는 저속 진동 평면 미러, 예컨대 갈바노 미러(galvanometer mirror)이고, 제 2 스캔 요소(16)는 공명 스캐너, 예컨대 공명 스캔 미러이다. 상기 갈바노 미러(14) 및 공명 스캔 미러(16) 측은 직각으로 배열되어, 2차원 시준광 스캔을 레이저 빔(13)의 래스터(raster) 스캔 패턴 형태로 형성시킨다.
- [0088] 갈바노 미러(14)는, 여기서 기술된 구체예에서 레이저 빔(13)의 수직 1차원 스캔을 포함하는 1차원 시준광 스캔을 제공한다. 이에 의해 래스터 스캔 패턴의 수직 스캔 성분이 생성된다.
- [0089] 상기 공명 스캐너(16)는 본 발명의 이러한 구체예에서, 레이저 빔(13)의 수평의 1차원 스캔을 포함하는 복수개의 제 2의 1차원 시준광 스캔을 제공한다. 공명 스캐너(16)의 각각의 진동에 의해 래스터 스캔 패턴의 수평 스캔 성분이 생성된다.
- [0090] 갈바노 미러(14)의 회전 축은 공명 스캐너(16)에 대해 수직이다.
- [0091] 도 3은 갈바노 미러(14)의 1회 진동에 의해 생성된 수평의 1차원 스캔 내에서의 레이저 빔(13) 경로를 예시한다. 경로 A는 회전 시작부에서 갈바노 미러(14)로부터 반사된 레이저 빔의 한 예이며; 경로 B는 회전의 중간지점에서 갈바노 미러(14)로부터 반사된 레이저 빔의 한 예이며; 경로 C는 회전 마지막에 갈바노 미러(14)로부터 반사된 레이저 빔의 한 예이다.
- [0092] 따라서 갈바노 미러(14) 및 공명 스캐너(16)는 함께 래스터 스캔 패턴의 2차원 시준광 스캔을 형성한다.
- [0093] 상기 갈바노 미러(14) 및 공명 스캐너(16)는 진동의 진폭 및 진동의 회전 오프셋을 포함하는 작동 파라미터를 갖는다. 상기 작동 파라미터는 또한 진동 속도를 포함한다. 이러한 두개의 작동 파라미터는 겹보기 점 광원으로로부터 2차원 시준광 스캔의 방향을 제어하도록 선택될 수 있다.
- [0094] 공명 스캐너(16)는 10도 이하의 가변 각 진폭, 예를 들어 1도, 2도, 3도, 4도, 5도, 6도, 7도, 8도, 9도, 10도를 생성할 수 있다. 상기 공명 스캐너(16)는 이의 회전 축에 대한 임의의 지점에서 이러한 다양한 진동의 진폭을 생성할 수 있다. 즉, 공명 스캐너(16)는 1회전 360도 이내의 임의 지점에서 10도 이하의 가변 각 진폭을 생성할 수 있다.
- [0095] 공명 스캐너(16)는 망막 상에서 스캔된 레이저 빔(13)의 중심(또는 편심률)을 조정할 수 있는 회전 마운트(도시되지 않음) 내에 하우징되는데, 이에 의해 망막을 가로질러 영상화 구역(imaging field)이 "이동"되는 능력이 제공된다.
- [0096] 갈바노 미러(14)는 또한 80도 이하, 예를 들어, 10도, 20도, 30도, 40도, 50도, 60도, 70도의 가변 각 진폭을 생성할 수 있다. 상기 갈바노 미러(14)는 이의 회전 축에 대한 임의의 지점에서 이러한 다양한 진동의 진폭을 생성할 수 있다. 즉, 갈바노 미러(14)는 1회전 360도 이내의 임의 지점에서 80도 이하의 가변 각 진폭을 생성할 수 있다. 80도 이하의 각 진폭이 "광학적" 각임을 주목하길 바란다. 이는 40도의 "기계적" 각으로 해석된다.
- [0097] 스캔 릴레이 장치(18)는 두개의 초점을 갖는다. 여기서 기술된 구체예에서, 스캔 릴레이 장치(18)는 타원체 미러인데, 이는 슬릿 미러로도 칭해진다. 그러나, 스캔 릴레이 장치(18)가 대안적인 형태를 지닐 수 있음이 이해되어야 한다.
- [0098] 갈바노 미러(14)는 슬릿 미러(18)의 제 1 초점에 위치하고, 공명 스캐너(16)는 슬릿 미러(18)의 제 2 초점에 위치한다.
- [0099] 스캔 전달 장치(20)는 타원체 미러 형태의 비구면 미러이며, 이는 주 미러로도 칭해진다. 주 미러(20)는 두개

의 초점을 갖는다. 본원에서 설명되고 예시된 구체예에서, 주 미러(20)는 망막 상에서 수직 및 수평 방향 두 방향 모두로(즉, 40도 \times 40도) 40도의 시야각을 제공하도록 구성된다. 그러나, 주 미러(20)는 망막 상에서 수직 및 수평 방향 두 방향 모두로(즉, 200도 \times 200도) 200도의 시야각(외부각)을 제공하도록 구성될 수 있음이 이해되어야 한다.

- [0100] 공명 스캐너(16)는 또한 주 미러(20)의 제 1 초점 상에 위치한다. 피검체의 눈(24)은 주 미러(20)의 제 2 초점에 위치한다.
- [0101] 따라서 레이저 빔(13)은 갈바노 미러(14), 슬릿 미러(18), 공명 스캐너(16), 및 주 미러(20)를 통해 피검체의 눈(24)으로 전달된다. 갈바노 미러(14), 슬릿 미러(18), 및 공명 스캐너(16)는 함께 겉보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 래스터 스캔 패턴 형태로 제공한다. 이는 주 미러(20)에 의해 공명 스캐너(16)로부터 피검체의 눈(24)에 결합된다.
- [0102] 본 발명의 검안경은 눈의 동공 점에서 측정된, 눈 망막의 150도 이하, 예를 들어 120도, 110도, 90도, 60도, 40도, 20도의 스캔을 생성할 수 있다. 상기 검안경은 눈의 2mm의 팽창되지 않은 동공을 통해 눈 망막의 상기 스캔을 생성할 수 있다. 그러나, SLO는 또한 AO 측정에 대해 공지되어 있는 대로, 예를 들어 8mm의 팽창된 동공을 통해 눈 망막의 스캔을 생성할 수 있다.
- [0103] SLO(10)의 부품들은 겉보기 점 광원이 눈 동공에서 정지되도록 배열된다. 이에 의해 피검체 눈(24)의 망막으로부터 반사된 빛의 빔이 SLO(10)의 광 경로를 통해 역으로 전달되게 된다. 상기 반사된 빛은 피검체 망막의 영상을 공지된 방식으로 생성시키는데 사용된다.
- [0104] 스캔 릴레이 장치(18)는 레이저 빔(13)의 스캔을 갈바노 미러(14)로부터 공명 스캐너(16)로 전달한다. 상기 스캔 릴레이 장치(18)는 임의의 병진운동(translational) 성분을 도입시키지 않고 점에서 점으로의 전달을 제공하는데, 이에 의해 레이저 빔(13)이 피검체 눈(24)의 동공을 통해 들어가지 못하게 될 것이다. 따라서, 레이저 빔(13)은 겉보기 점 광원으로부터 비롯되는 것으로 보인다.
- [0105] 갈바노 미러(14)가 슬릿 미러(18)의 제 1 초점에 위치하기 때문에, 갈바노 미러(14)로부터의 빛은, 갈바노 미러(14)로부터 슬릿 미러(18) 상으로의 빛의 굴절각(angle of deflection)과는 상관없이, 항상 슬릿 미러(18)의 제 2 초점을 통해 반사될 것이다. 이러한 현상의 효과는, 레이저 빔(13)의 래스터 스캔 패턴이 피검체 눈(24)의 동공을 통해 파괴되지 않고 전달된다는 것이다. 이에 의해 당업계에 공지되어 있는 대로 망막의 초광각(ultra-wide)의 망막 영상이 얻어질 수 있게 된다.
- [0106] 슬릿 미러(18) 및 주 미러(20)의 편심률을 적절하게 매칭시키면 완전한 스캔 선형성으로부터 완전한 편차(well behaved deviation)가 제공된다. 눈의 광축으로부터의 각의 함수로서 대칭적 편차는, 소프트웨어에서 망막 상의 거리 측정치의 간편한 보상 및 적절하게 직관적인 망막 디스플레이 표시를 가능케 한다.
- [0107] 여기서 설명되고 예시된 본 발명의 구체예에서, SLO(10)의 부품들은, 공명 스캐너(16)의 회전 축이 주 미러(20)의 두개 초점을 연결시키는 라인(25)에 대해 실질적으로 평행하게 배열되어, 레이저 빔(13)이 슬릿 미러(18)의 제 2 축을 가로질러 스캔된다. 또한, 겉보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공하는 경우에, 갈바노 미러(14)는 슬릿 미러(18) 상에서 입사되는 1차원 스캔을 생성한다. 따라서 상기 슬릿 미러(18)는 1차원 스캔을 생성한다. SLO(10)의 부품들은, 주 미러(20)의 두개 초점을 연결시키는 라인(25)이 슬릿 미러(18)에 의해 생성된 1차원 스캔에 의해 형성된 평면 상에 실질적으로 놓이도록 배열된다. 성분들의 이러한 배열에 의해 여러 이점들이 제공된다.
- [0108] 공명 스캐너(16) 및 갈바노 미러(14)의 회전 축이 주 미러(20)의 두개 초점을 연결시키는 라인(25)에 대해 실질적으로 평행하게 하고, 상기 라인(25)이 슬릿 미러(18)에 의해 생성된 1차원 스캔에 의해 형성된 평면 상에 실질적으로 놓이게 하는 경우의 중요한 이점은, 피검체 망막의 스캔된 영상이 "전단력" 성분(shear component)을 갖지 않거나 감소된 "전단력" 성분을 갖는다는 것이다. 이는 SLO(10)의 부품의 배열이 입력되는 레이저 빔(13)에 대한 "경사(tilt)"를 제공하는 요건을 없애서, 2차원 스캔의 수평 및 수직 성분과 주 미러(20)의 두개 초점을 연결시키는 라인(25) 사이에서의 직교성을 개선시킨다.
- [0109] 따라서, 망막 영상 내에서 일정한 치수를 측정할 수 있고, 이에 의해 이러한 영상 내에서 피쳐 크기의 더욱 간단한 수량화가 용이해진다.
- [0110] 바람직하게는, 공명 스캐너(16) 및 갈바노 미러(14)의 회전 축에 대해 수직인 축을 중심으로 오프셋 회전이 존재하지 않는 것인데, 이는 상기 오프셋 회전이 스캔에 왜곡을 도입시킬 것이기 때문이다.

- [0111] 본 발명에 따라 SLO(10)의 부품들을 배열하는 경우의 추가 이점은, SLO(10)의 모든 부품들이 단일 평면에 놓일 수 있기 때문에, SLO(10)의 제작이 간편해지고 이에 의해 구성 시간(build time) 및 비용이 절감된다는 것이다. 또한, 이러한 배열에 의해 SLO(10)에 대한 피검체 머리의 배치에서 더욱 큰 유연성이 허용된다.
- [0112] 다른 이점은, 종래 검안경에 비해 본 발명의 SLO(10)에 포함된 부품들의 수가 감소될 수 있다는 점이다. 이는 본 발명의 검안경의 광학적 휘도(optical brightness)를 증가시키는데, 이것은 망막 영상을 얻는 경우에 중요하다.
- [0113] 도 1, 2 및 4를 참고하면, 렌즈 텔레스코프 릴레이(lens telescope relay)(26)는 갈바노 미러(14)를 변형가능 미러(28)(적응광학 요소의 한 예임)로 영상화한다. 상기 텔레스코프 릴레이(26)는 도 4에 도시된 바와 같이 갈바노 미러(14)로부터 이의 전방 초점 거리에 위치한 제 1 렌즈(30)(이는 두겹의 무색 렌즈임, 도 1 및 2 참조), 및 도 1 및 4에 도시된 바와 같이 텔레스코프 릴레이(26)의 출력을 시준하도록 이격된 제 2 렌즈(32)를 포함한다. 상기 변형가능 미러(28)는 도 4에 도시된 바와 같이 제 2 렌즈(32)의 후면 초점 길이에 위치한다. 텔레스코프 릴레이(26)는, 도 1 및 4에 도시된 바와 같이, 이것이 후속하여 영상화 검출기(34)(이는 광 검출 장치의 한 예임)로 릴레이될 수 있도록 망막 컨주게이트(R)로 추가로 전환된다. 상기 렌즈 텔레스코프 릴레이(26)는 또한 영상을 갈바노 미러(14)로 릴레이하여, 정확한 초점 상태를 슬릿 미러(18) 및 주 미러(20) 시스템 내로 생성시킨다.
- [0114] 여기서 설명된 구체예에서 렌즈 텔레스코프 릴레이(26)의 배율은 1:2이며, 이에 의해 13mm의 변형가능 미러 개구에 대해 매칭된 6.5mm의 파면 센서 개구가 생성된다. 이로써 단 하나의 텔레스코프가 입력 및 출력 레이저 빔을 릴레이시킬 수 있다. 입력 및 출력에 대해 동일한 텔레스코프를 사용하면 개별 릴레이에 대한 필요가 없어진다. 이에 의해, 표준 AO 시스템에서보다 더 적은 광 표면들로 인하여 광학적으로 더욱 효율적인 시스템이 제공된다.
- [0115] 상기 SLO(10) 시스템 설계는 변형가능 미러(28)의 크기에 대한 몇몇의 선택도를 허용한다. 주 미러(20)와 제 1 렌즈(30) 사이에서의 부품들은 상이한 크기의 변형가능 미러에 대해서도 동일하게 유지된다. 입력/출력 릴레이 텔레스코프 및 제 1 렌즈(32)는 변형가능 미러의 상이한 크기에 대해서 달라져야 한다. 이는 또한 레이저 및 검출기의 상이한 위치 및 정렬을 야기할 것이다.
- [0116] 제 1 및 제 2 무색 렌즈(36a, 36b)를 포함하는 제 2 렌즈 텔레스코프 릴레이(36)는 변형가능 미러(28), 파면 센서(38)(이하 확인됨) 및 망막 영상화 광(retinal imaging optics)을 릴레이한다.
- [0117] 폴드(fold) 미러(42)는 상기 두개의 무색 렌즈(36a, 36b) 사이에 위치하여 광학적 설계(optical layout)의 사이즈를 감소시킨다. 개구(60)는 또한 상기 폴드 미러(42)와 제 2의 무색 렌즈(36b) 사이에 위치한다. 폴드 미러(42)는 눈의 각막으로부터 파면 센서(38) 상으로의 후면 반사를 감소시킨다.
- [0118] 여기서 설명되고 예시된 구체예에서, SLO(10)는 큰 초점 보정 요건의 변형가능 미러(28)를 완화시키기 위해 바달(Badal) 초점 시스템(44)(바달 옵토미터)을 포함한다. 상기 바달 초점 시스템(44)은 렌즈 텔레스코프 릴레이(26) 내 렌즈 사이에서 경로 길이를 가변시키기 위해 이동가능한 단(stage)을 포함한다. 상기 바달 초점 시스템(44)은 2개의 미러(44a, 44b)를 포함한다. 여기서의 바달 초점 시스템(44)은 8D 내지 12D 보정을 충족하기 위해 증가된 초점 범위를 갖는다. 바달 초점 시스템(44)의 출력은 수렴되어, 슬릿 미러(18) 및 주 미러(20)에 대해 정확한 빔 수렴도를 형성시킨다. 더욱 낮은 구면 수차를 얻기 위해서는, 두개의 동일한 이중선이 사용된다.
- [0119] 도 1에 도시된 바와 같이, 파면 센서(38)(파면 감지 장치의 한 예임)는 시준광 광원(12)에 인접하게 위치하는데, 이는 공통 광 경로 COP 내 반사된 빛에서의 파면 수차를 검출하도록 빔 분할기(46)와 함께 작용한다. 상기 파면 센서(38)는 도 1 및 4에 도시된 바와 같이, 눈의 동공과 동일한 평면 상에서 수차를 측정한다. 상술된 바와 같이, 수차를 측정하도록 눈 동공 평면의 컨주게이트가 형성된다.
- [0120] 하트만-샷 센서일 수 있는 파면 센서(38)는 동공 컨주게이트를 가로질러 파면을 건본화하고 동공에서 수차를 재구성한다. 다르게는, 파면 센서(38)는 전하 결합 소자(CCD)일 수 있다.
- [0121] 시준광 광원에 대한 입력 경로 및 파면 감지는 분리되어 있다. 말하자면, 시스템 내에서는 2개의 개별 레이저가 사용되고 있다. 하나의 레이저(레이저 빔(13))는 망막을 영상화하는데 사용되고(영상화 레이저), 다른 레이저(비콘 레이저(48))는 수차를 감지하는데 사용된다(감지 레이저).
- [0122] 여기서 설명된 구체예에서, 파면 감지에 대한 입력은, 도 1, 2 및 5에 도시된 바와 같이 렌즈 텔레스코프 릴레이

이(26)와 갈바노 미러(14) 사이에 위치한 파면 감지 비콘 레이저(48)에 의해 실시된다.

- [0123] 렌즈 텔레스코프 릴레이(26) 및 바달 초점 시스템(44) 내 렌즈(30, 32)로부터의 후면반사를 감소시키기 위해서, 비콘 레이저(48)는 바달 초점 시스템(44) 후에 주입된다.
- [0124] 상기 비콘 레이저(48)는 편광 유지 섬유(polarisation maintaining fibre) 내로 결합된 섬유인 910nm 레이저이다. 이것은 렌즈(49)를 통해 3.2mm(눈에서는 1mm)로 시준되고, 병진운동 단(50) 위에 놓여져서 눈 동공으로부터의 후면 반사를 제거하도록 눈 동공에서 빔 비축을 이동시킨다. 상기 놓여짐에 의해 편광 축이 정해지도록 회전이 제공된다. 비콘 레이저(48)의 초점 상태는, 갈바노 미러(14) 후에 놓이는 시스템 초점에 상응하도록 배치된 렌즈를 사용하여 결정된다.
- [0125] 상기 변형가능 미러(28)는 또한 도 1 및 4에 도시된 바와 같이 눈 동공 평면의 컨주게이트에 위치한다. 파면 센서(38)는 수차에 대해 정확한 변형가능 미러(28)를 제어하기 위해 측정된 수차를 사용한다. 이러한 측정 및 보정 과정은 신속한 제어 루프로 허용가능한 수준으로 반복된다.
- [0126] 파면 보상 장치는 눈에 의해 도입된 수차 및/또는 제 1 스캔 요소(14), 제 2 스캔 요소(16), 스캔 릴레이 장치(18) 또는 스캔 전달 장치(20)에 의해 도입된 파면 수차를 보상한다.
- [0127] 주 미러(20)의 주 축은 동적 보정이 적용될 수 있도록 갈바노 미러(14)와 함께 배열되어, 스캔 위치와 동시에 변형가능 미러(28)를 수정한다. 동기화 신호는 완속 스캔 동안 미러 형태를 업데이트하도록 완속 스캔 드라이버로부터 변형가능 미러 제어기로 릴레이된다.
- [0128] 망막으로부터 보상된 빛은 공초점 개구(54)를 통해 초점형성되어 영상 검출기(34)로 검출된다. 상기 영상 검출기(34)는 사태 광다이오드(ADP)이다. 그러나, 영상 검출기(34)는 다르게는 광전배증관, 또는 고속에서 적은 빛 수준을 검출할 수 있는 다른 하이브리드 장치 등일 수 있다. 보상된 빛이 공초점 개구(54)에 도달하기 전에, 이 빛은 도 1 및 4에 도시된 바와 같이 폴드 미러(56) 및 무색 렌즈(58)를 통과한다.
- [0129] 따라서, 영상 검출기(34)는 눈 망막의 고해상도 영상을 얻게 된다. 영상화 장치의 초점 평면을 조정함으로써, 공초점 개구는 초점 층 밖으로부터의 빛을 차단하는 작용을 하여, 표준 SLO 및 현미경 응용에서와 같은 깊이 절단 능력(depth sectioning capability)을 제공한다.
- [0130] 상술한 바와 같이, 갈바노 미러(14) 및 공명 스캐너(16)는 진동의 진폭 및 진동의 회전 오프셋을 포함하는 작동 파라미터를 지닌다. 이러한 파라미터들은 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준 광 스캔의 방향을 제어하도록 선택적으로 작동될 수 있다.
- [0131] 도 6은 겹보기 점 광원으로부터 2차원 스캔의 방향이, 어떻게 스캔 영역이 망막을 가로질러 이동하게끔 조정될 수 있는 지에 대한 예가 도시되어 있다. 여기서 설명되고 예시된 구체예에서 망막 상의 수직 및 수평 방향 둘 모두에서 약 40도의 시야각(즉, 40도 \times 40도)을 나타내는 영역(62)이 도시되어 있다. 좌측 영상 상에서 2차원 스캔(64)의 영역은 망막 상에서의 수직 및 수평 방향 둘 모두에서 약 8도의 스캔 범위(즉, 8도 \times 8도)를 나타낸다. 상기 스캔(64)은 축 상에 있는 좌측 영상이다. 갈바노 미러(14) 및 공명 스캐너(16)의 제어 파라미터가 조정되면(즉, 진동의 진폭, 및/또는 진동의 회전 오프셋이 가변되면), 스캔(64)은 우측 영상에서 예시된 바와 같이 영역(62) 내에서 이동하는데, 상기 우측 영상에서는 2차원 스캔(64b)이 "비축"이 되도록 이동한다. 상기 스캔(64b)은 스캔 요소 상에서 비스듬한 입사각 때문에 약간 회전한다. 이러한 약간의 회전은 디지털 프로세싱을 사용하여 보정될 수 있다.
- [0132] 따라서 스캔 요소(14, 16)의 작동 파라미터를 가변시킴으로써 스캔이 더욱 큰 영역(62) 위 어디로나 이동할 수 있도록 스캔의 방향을 제어할 수 있다. 이에 의해 좁은 스캔 영역(64)이 망막을 가로질러 이동하여 연속되는 고해상도 영상 몽타주가 형성될 수 있게 된다. 중요하게는, 좁은 스캔 영역(64)이 더욱 큰 영역(62)(즉, 망막)을 가로질러 이동하기 때문에, 2차원 스캔은, 더욱 큰 영역(62)(즉, 망막)에 대한 이의 위치, 및 선택된 작동 파라미터와는 상관없이, 겹보기 점 광원으로부터 항상 비롯될 수 있다.
- [0133] 제 1 및 제 2 스캔 요소의 작동 파라미터는 소프트웨어 제어 하에서 구동될 수 있다. 이에 의해, 겹집된 몽타주에서 정밀한 관련성을 갖는, 예측가능하고 반복가능한 좁은 시야각의 스캔이 얻어질 수 있다.
- [0134] SLO(10)는 도 7에 도시된 바와 같이 작동된다. 단계(102)에서, 시준광 광원은 레이저 빔(13)을 공통의 광 경로(COP) 내로 주입된다. 단계(104)에서, 스캔 요소 및 스캔 릴레이 장치(18)는 함께 겹보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔을 제공한다. 단계(106)에서, 스캔 전달 장치(20)는 2차원 시준광 스캔을 이의 제 1 초점에서, 이의 제 2 초점에서 조절된 눈으로 전달한다. 단계(108)에서, 파면(38)은 공통의 광 경로 내에서 빛의 파면 수

차를 감지한다. 단계(110)에서, 파면 센서(38)는 변경가능 미러(28)를 사용하여 단계(108)에서 감지된 수차를 보상한다. 단계(108) 및 (110)는 루프로(즉, 반복적으로) 실시된다. 단계(112)에서, 영상 검출기(34)는 눈 망막의 고해상도 영상을 획득한다. 단계(114)에서, 제어 파라미터는 2차원 시준광 스캔을 망막 상의 새로운 영역으로 향하도록 선택되고, 단계(102) 내지 (112)가 반복된다. 단계(102) 내지 (114)는 망막의 몽타주를 생성시키기에 충분한 영상이 형성되도록 필요한 만큼 자주 반복된다. SLO(10)의 작동은 상술된 방법에 의해 2차원 시준광 스캔의 스캔 진폭 각을 조정하는 추가 단계(도시되지 않음)를 포함할 수 있다.

[0135] 따라서 본 발명의 SLO(10) 및 눈 망막을 스캔하는 방법은 피검체의 동공 위치를 조정하지 않고 망막의 상당 부분을 가로질러 복수개의 고해상도의 좁은 시야각의 망막 영상이 얻어질 수 있게 함으로써 선행 기술의 단점을 제거하거나 완화시킨다. 이러한 방식으로 고해상도의 좁은 시야각의 망막 영상을 얻으면 각 스캔 사이에서 시간 지연이 감소되고 피검체 동공을 재배치시킬 필요가 없어진다. 이 결과, 영상의 몽타주는 더 적은 불연속성, 왜곡 및 에러를 가지게 되며, 이에 의해 영상의 품질이 개선되고 눈에서의 병리를 진단하는 능력이 증진된다. 본 발명은 또한 전반적인 영상화 세션에서의 복잡성 및 시간을 감소시키며, 이에 의해 신속한 자동 몽타주 포착이 가능해진다. 타원체 릴레이는 광시야 및 조정가능한 릴레이를 갖는 컴팩트한 시스템을 가능케 한다.

[0136] 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 이상의 내용에 변형 및 개선이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 공명 스캐너(16)가 10도 이하, 예를 들어 1도, 2도, 3도, 4도, 5도, 6도, 7도, 8도, 9도, 10도의 가변 각 진폭을 생성시킬 수 있는 것으로 설명되었지만, 360도 이하의 가변 각 진폭을 생성할 수 있는 공명 스캐너가 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. 즉, 공명 스캐너(16)는 이의 회전 축에 대한 임의 지점에서 360도 이하의 진동 진폭을 생성할 수 있다. 다시 말해, 공명 스캐너(16)는 이의 1회전 360도 내 임의 지점에서 360도 이하의 가변 각 진폭을 생성할 수 있다.

[0137] 다르게는, 타원형 릴레이의 배율은 스캐너의 감소된 기계적 스캔 각을 보상하도록 각 배율을 조정하게끔 조절될 수 있다.

[0138] 또한, 타원체 커플링 미러(18, 20)가 이상에서 설명되고 예시되긴 했지만, 다른 커플링 요소, 예컨대 영상화 시스템의 개별 파장이 주어진, 굴절 요소, 자유형태의 미러 표면 또는 종래의 렌즈 릴레이가 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. 미러가 굴절 코팅으로부터의 유색 효과의 감소 때문에 더욱 양호하다.

[0139] 또한, 변형가능 미러(28)가 적응광학 요소인 것으로 이상에서 예시되고 설명되긴 했지만, 다른 적합한 적응광학 요소, 예컨대 변형가능 액체 렌즈 장치, 액정 공간 광 변조기, 또는 입사광의 위상을 변경시킬 수 있는 다른 장치가 사용될 수 있음이 이해되어야 한다.

[0140] 또한, SLO(10)가 스캔 릴레이 장치(슬릿 미러(18))를 포함하는 것으로 이상에서 설명되고 예시되긴 했지만, 이 요소는 필수적인 것은 아니며 SLO(10)가 이 부품없이 상술한 바와 동일한 이점을 제공할 수 있음이 이해되어야 한다. 이러한 부품이 제거되기 위해서는 SLO 내에서 레이저 빔이 경사져야 하는데, 이는 영상 상에서 몇몇의 전단 효과가 얻어지게 한다. 그러나, SLO는, 더욱 큰 영역(62)(즉, 망막)에 대한 이의 위치, 및 선택된 작동 파라미터와는 상관없이, 여전히 겹보기 점 광원으로부터 2차원의 스캔을 제공할 수 있다.

[0141] 또한, 제 1 및 제 2 스캔 요소(14, 16)가 각각 갈바노 미러 및 공명 스캐너인 것으로 이상에서 설명되고 예시되긴 했지만, 다른 적합한 스캔 요소, 예컨대 레이저 라인 광원을 사용하여 생성된 라인 스캔 또는 이의 등가물이 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. 라인 스캔은 점 스캔에 대한 효과적인 대체물로 사용될 수 있다. 여기서 라인 광원은 완속 스캐너에 의해 직각으로 스캔되는 망막 상에서 라인 조명(line illumination)을 생성시킨다. 상기 라인 조명은 선형 픽셀 어레이에 의해 검출되고 2D 영상은 상기 완속 스캐너를 회전시킴으로써 형성된다.

[0142] 또한, 슬릿 미러(18)가 두개의 초점을 갖는 타원체 미러인 것으로 이상에서 설명되긴 했지만, 스캔 릴레이 장치는 다른 형태를 지닐 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, 스캔 릴레이 장치는 타원형 미러, 한쌍의 포물선 미러, 한쌍의 포물면 미러, 또는 이들 성분의 임의 것의 조합을 포함할 수 있다. 이러한 부품 배열 중 임의 것에 의해 제공된 공통의 기술적 특징은, 스캔 릴레이 장치가 두개의 초점을 지니며 1차원 시준광 스캔을 생성한다는 것이다.

[0143] 타원형 성분이 스캔 릴레이 장치에 사용되고 있지만, 이는 또한 원통형 렌즈와 같은 빔 보상 요소를 제공하는데 필수적일 수 있다.

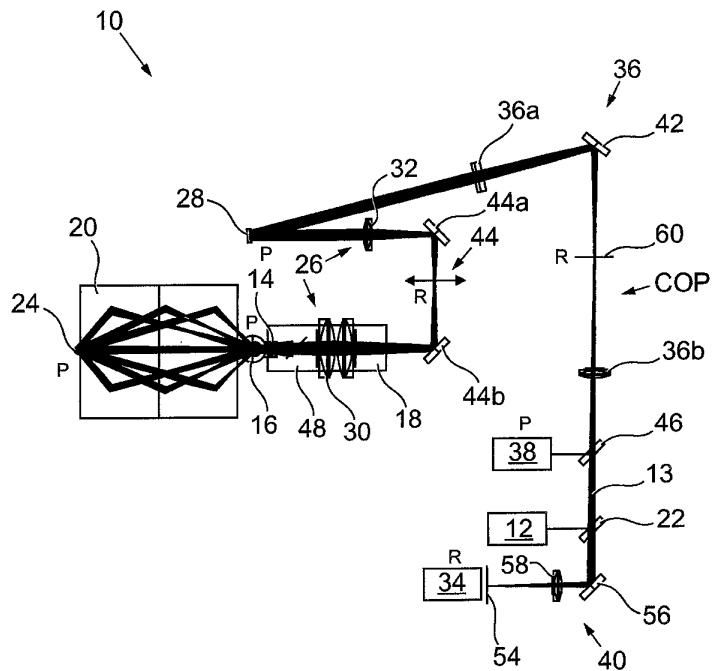
[0144] 추가로, SLO(10)의 상술된 배열이 슬릿 미러(18)의 제 1 초점에 위치한 갈바노 미러(14), 및 슬릿 미러(18)의 제 2 초점에 위치한 공명 스캐너(16)를 갖긴 하지만, 갈바노 미러(14) 및 공명 스캐너(16)의 위치가 SLO(10)의

작동에 영향을 미치지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다.

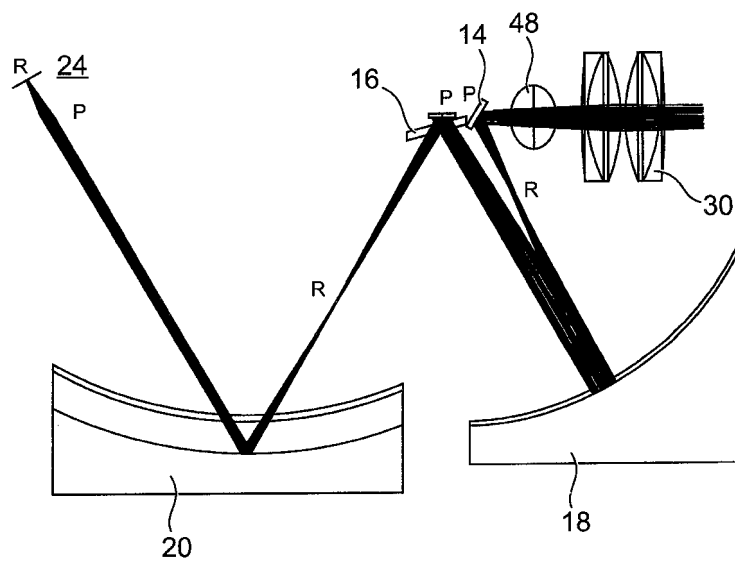
- [0145] 또한, 갈바노 미러(14)가 레이저 빔(13)의 수직 스캔을 제공하고 공명 스캐너(16)가 수평 스캔을 제공하는 것으로 이상에서 설명되긴 했지만, 이러한 두 요소의 진동 및 회전 축은 변경되어, 갈바노 미러(14)가 레이저 빔(13)의 수평 스캔을 제공하고 공명 스캐너(16)가 수직 스캔을 제공함이 이해되어야 한다. 따라서, 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 선에 대해 실질적으로 평행할 수 있고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 실질적으로 놓일 수 있거나; 또는 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 실질적으로 수직일 수 있고, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 실질적으로 수직일 수 있다.
- [0146] 또한, 본 발명의 상술된 구체에는 120도의 광학적 스캔을 제공하는 것으로 설명되긴 했지만, 검안경(10)이 그보다 더 작거나 더 큰 광학적 스캔 각을 제공하도록 구성될 수 있음이 이해되어야 한다. 상술한 바 대로, 이는 예를 들어 레이저 빔(13)이 스캔되는 슬릿 미러(18) 부분의 선택을 변화시킴으로써 성취될 수 있다.
- [0147] 또한, 스캔 전달 장치는 타원형 미러를 포함할 수 있다. 스캔 전달 장치는 한쌍의 포물선 미러를 포함할 수 있다. 스캔 전달 장치는 한쌍의 포물면 미러를 포함할 수 있다.
- [0148] 또한, 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 5도 이내에 위치할 수 있다. 제 2 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 2도 이내에 위치할 수 있다. 제 2 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 검안경의 하나 이상의 성분의 선택된 편심률에 의존하는 평행도를 가질 수 있다. 제 2 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 검안경에 의해 생성된 망막 영상 내 허용되는 전단력 수준에 따라서 검안경의 사용자에게 의해 측정된 평행도를 가질 수 있다.
- [0149] 또한, 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 5도 이내에 위치할 수 있다. 제 1 스캔 요소의 회전 축은 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인에 대해 대략 2도 이내에 위치할 수 있다. 제 1 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 검안경의 하나 이상의 성분의 선택된 편심률에 의존하는 평행도를 가질 수 있다. 제 1 스캔 요소의 회전 축, 및 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 검안경에 의해 생성된 망막 영상 내 허용되는 전단력 수준에 따라서 검안경의 사용자에게 의해 측정된 평행도를 가질 수 있다.
- [0150] 또한, 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 약 5도 이내에 있을 수 있다. 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인은 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면에 대해 약 2도 이내에 있을 수 있다. 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인, 및 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면은 검안경의 하나 이상의 성분의 선택된 편심률에 의존하는 일치도를 가질 수 있다. 스캔 전달 장치의 두개 초점을 연결시키는 라인, 및 스캔 릴레이 장치에 의해 생성된 1차원 시준광 스캔에 의해 형성된 평면은 검안경에 의해 생성된 망막의 영상 내 허용되는 전단력 수준에 따라서 검안경의 사용자에게 의해 측정된 일치도를 가질 수 있다.
- [0151] 또한, 이상에서 예시되지는 않았지만, 도 7의 임의적인 단계에서 망막은 3차원 영상이 생성되도록 축을 따라(in an axial manner) 스캔될 수 있다.
- [0152] 더욱이, 제 1 및 제 2 스캔 요소가 진동 미러인 것으로 이상에서 설명되고 예시되긴 했지만, 제 1 및 제 2 스캔 요소는 라인 스캔 요소를 포함할 수 있음이 이해되어야 한다. 상기 라인 스캔 요소는 레이저 라인 스캐너를 포함할 수 있다. 상기 레이저 라인은 굴절 광학 요소, 원통형 렌즈, 또는 레이저 라인을 생성시키는 다른 공지된 수단에 의해 생성될 수 있다.
- [0153] 또한, 스캔 요소들이, 겉보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 방향이 제어할 수 있는 작동 파라미터를 갖는 것으로 이상에서 설명되긴 했지만, 스캔 요소들이 라인 스캔 요소(즉, 레이저 라인 스캐너)이면 작동 파라미터는 겉보기 점 광원으로부터 2차원 시준광 스캔의 치수(즉, 수평/수직)를 조정하도록 작동될 수 있음이 이해되어야 한다. 이에 의해 스캔 영역의 사이즈 및 위치가 조정되고 그에 따라 이의 영상의 몽타주가 얻어지도록 망막 주위로 효과적으로 움직일 수 있게 된다. 라인 스캔 요소가 사용되는 경우, 검출 및 A0 설계 구조(layout architecture)는 당업계에 공지된 바와 같이 또한 변형된다는 것을 주지하는 것이 중요하다.

도면

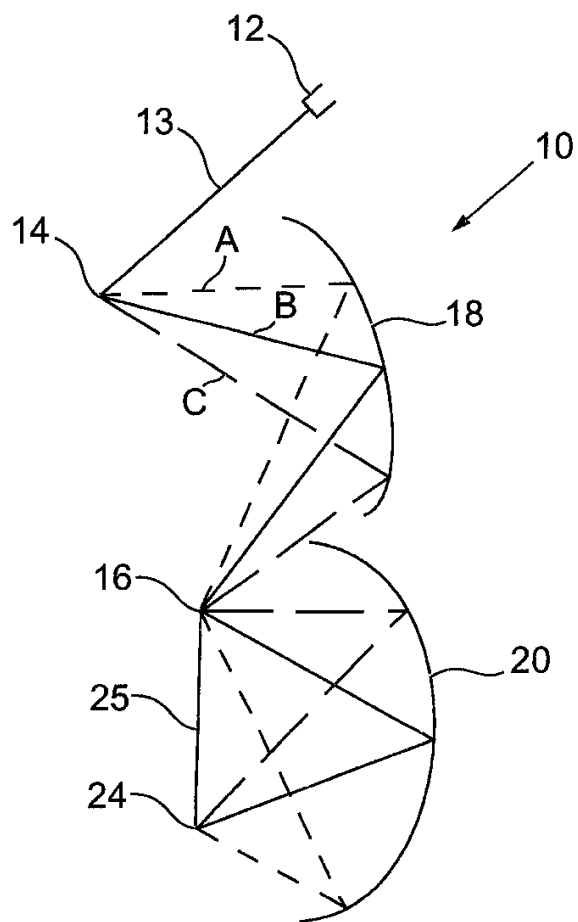
도면1



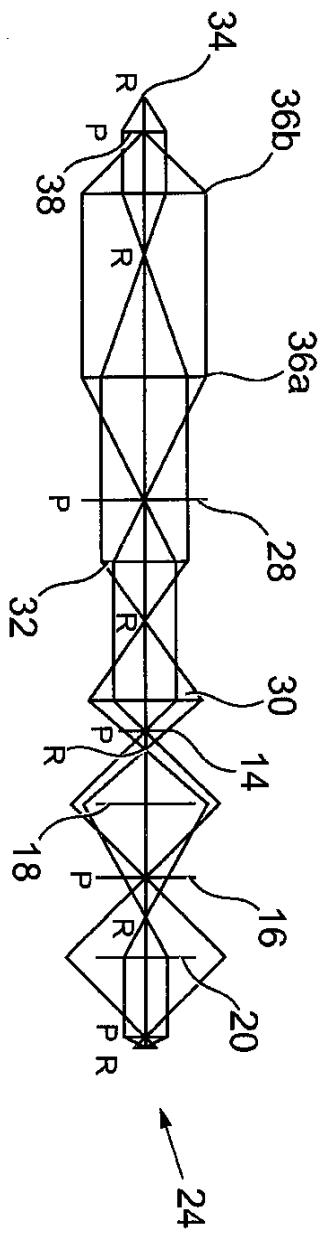
도면2



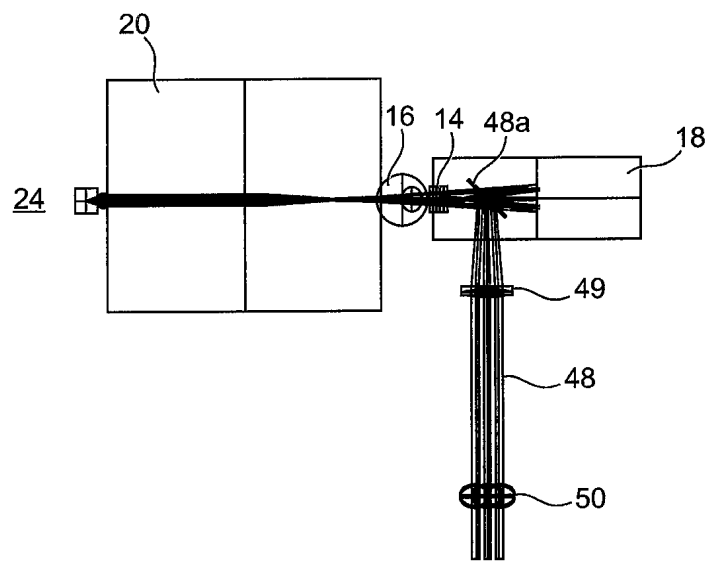
도면3



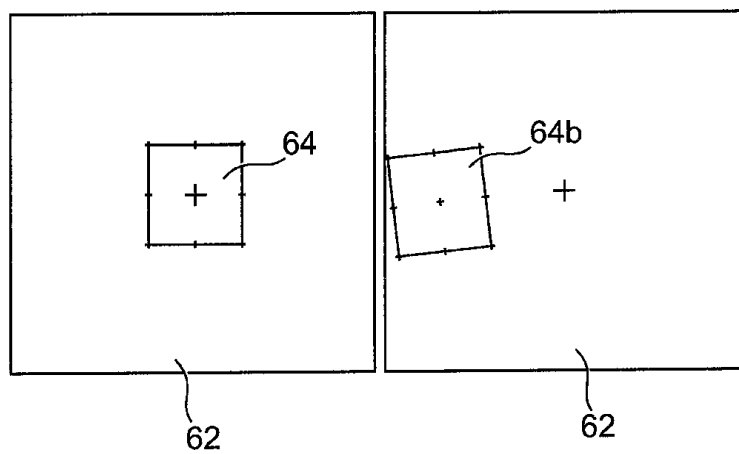
도면4



도면5



도면6



도면7

