



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0140090  
 (43) 공개일자 2017년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*A61B 3/113* (2006.01) *A61B 5/00* (2006.01)  
*G02C 7/04* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*A61B 3/113* (2013.01)  
*A61B 5/7271* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2017-0071323  
 (22) 출원일자 2017년06월08일  
 심사청구일자 없음  
 (30) 우선권주장  
 15/179,184 2016년06월10일 미국(US)

(71) 출원인  
**존슨 앤드 존슨 비전 케어, 인코포레이티드**  
 미국 플로리다주 32256 잭슨빌 센츄리온 파크웨이  
 7500  
 (72) 발명자  
**쥘 랜달 비.**  
 미국 플로리다 32256 잭슨빌 센츄리온 파크웨이  
 7500 존슨앤드 존슨 비전 케어, 인코포레이티드  
 내  
**토너 아담**  
 미국 플로리다 32256 잭슨빌 센츄리온 파크웨이  
 7500 존슨앤드 존슨 비전 케어, 인코포레이티드  
 내  
 (74) 대리인  
**장훈**

전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 **의료 모니터링을 갖는 전자 안과용 렌즈**

**(57) 요약**

적어도 하나의 센서 및 적어도 하나의 문제 템플릿을 사용하여 착용자의 의학적 질환을 모니터링하기 위해 전자 시스템을 갖는 안과용 렌즈가 본 명세서에 기술된다. 추가 실시 형태에서, 문제 템플릿은 패턴 및/또는 임계치를 포함한다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 렌즈는 제2 렌즈 및/또는 외부 디바이스와 연계하여 동작하여 의학적 질환에 대해 모니터링하거나 또는 착용자의 시험 프로토콜을 수행한다. 적어도 하나의 센서의 예들은 안검 위치 센서 시스템, 눈 움직임 센서 시스템, 바이오센서, 바이오임피던스 센서, 온도 센서, 및 맥박 산소측정기를 포함한다.

(52) CPC특허분류

*A61B 5/746* (2013.01)

*G02C 7/04* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

급전식 안과용 렌즈로서,

콘택트 렌즈; 및

상기 콘택트 렌즈 내에 적어도 부분적으로 봉지되고 수직 안검 위치를 검출하도록 구성된 안검 위치 센서 시스템, 및 상기 센서 시스템 내의 각각의 개별 센서를 샘플링하여 안검 위치를 검출하고 출력 안검 신호를 제공하도록 구성된 신호 조절기;

상기 콘택트 렌즈 내에 적어도 부분적으로 봉지되고, 눈 위치를 추적 및 결정하기 위한 적어도 하나의 움직임 센서, 및 상기 움직임 센서와 협력적으로 연관되며(cooperatively associated) 상기 움직임 센서의 출력으로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표들에서의 눈 위치를 추적 및 결정하고 출력 움직임 신호를 제공하도록 구성된 신호 조절기를 포함하는 눈 움직임 센서 시스템;

상기 안검 위치 센서 시스템 및 상기 눈 움직임 센서 시스템과 전기 통신 상태에 있고, 상기 안검 위치 센서 시스템 및 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터 수신된 데이터를 저장하기 위한 적어도 2 세트의 레지스터들 및 복수의 문제 템플릿들을 포함하는 관련 메모리를 갖고, 수신된 출력 안검 신호 데이터 및 출력 움직임 신호 데이터를 상기 복수의 문제 템플릿들과 비교하고 적어도 하나의 문제 템플릿이 만족될 때 제어 신호를 생성하도록 구성된 시스템 제어기; 및

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고, 출력 제어 신호를 수신하도록 구성되며, 경보를 제공하는 것 및 데이터를 저장하는 것 중 적어도 하나를 할 수 있는 적어도 하나의 경보 메커니즘을 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 복수의 문제 템플릿들 중 적어도 하나는 상기 렌즈의 의도된 착용자에 대한 이력 데이터에 기초하는, 급전식 안과용 렌즈.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 사용자 입력; 및

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 저장 메모리를 추가로 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 안검 위치 센서 시스템 및 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터의 복수의 신호들을 저장하기 위한 버퍼 메모리를 포함하여서, 상기 사용자 입력으로부터의 신호의 수신 시에, 상기 시스템 제어기가 상기 버퍼 메모리 내의 데이터를 상기 저장 메모리에 복사하도록 하는, 급전식 안과용 렌즈.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 사용자 입력은 상기 버퍼 메모리에 존재하는 데이터를 저장하기 위해 개인에서 유래되는 무선 입력을 수신할 수 있는 수신기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고, 외부 디바이스로부터의 데이터 요청을 수신하도록 구성된 수신기; 및

상기 시스템 제어기 및 상기 저장 메모리와 전기 통신 상태에 있는 송신기를 추가로 포함하고,

상기 시스템 제어기는 수신된 데이터 요청에 응답하여, 상기 저장 메모리의 내용물을 상기 송신기를 통하여 상

기 외부 디바이스로 송신하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 시스템 제어기가 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터의 발진 신호를 결정할 때, 상기 시스템 제어기는 버퍼 메모리 내의 데이터를 저장 메모리에 복사하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 상기 눈 움직임 센서 시스템은 상기 눈의 이미지를 캡처하도록 위치설정된 적어도 하나의 광검출기; 이미지들, 패턴들, 또는 대비의 변화를 검출하여 눈 움직임을 추적하도록 구성된 적어도 하나의 홍채-대면 카메라; 상기 눈 또는 상기 콘택트 렌즈 중 적어도 하나의 움직임을 추적하기 위한 적어도 하나의 가속도계; 및 눈 움직임과 연관된 신경근 활동을 검출하도록 구성된 적어도 하나의 신경근 센서 중 적어도 하나를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 눈 움직임 센서 시스템은, 상기 움직임 센서로부터의 신호들을 수신하고, 디지털 신호 처리를 수행하고, 하나 이상을 상기 시스템 제어기로 출력하도록 구성된 신호 프로세서를 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 9**

렌즈 쌍으로서,

제1항에 따른 급전식 안과용 렌즈를 포함하고,

상기 눈 움직임 센서 시스템은 적어도 제2 콘택트 렌즈와 통신하기 위한 통신 시스템을 추가로 포함하고,

상기 제2 콘택트 렌즈는,

상기 콘택트 렌즈 내에 포함되고, 눈 위치를 추적 및 결정하기 위한 적어도 하나의 센서, 및 상기 센서와 협력적으로 연관되며 상기 센서 출력으로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표들에서의 눈 위치를 추적 및 결정하고 출력 움직임 신호를 제공하도록 구성된 신호 조절기를 포함하는 눈 움직임 센서 시스템;

상기 눈 움직임 센서 시스템과 전기 통신 상태에 있는 시스템 제어기; 및

상기 눈 움직임 센서 시스템의 출력을 상기 제1 콘택트 렌즈로 통신하기 위한 통신 시스템을 갖는, 렌즈 쌍.

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 제1 콘택트 렌즈 내의 상기 시스템 제어기가 착용자의 눈들의 시선들의 눈벌림 (divergence)을 검출할 때, 상기 시스템 제어기는 상기 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송하는, 렌즈 쌍.

**청구항 11**

제9항에 있어서, 각각의 렌즈는, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고 동공 직경을 측정하기 위한 후방-대면 동공 직경 센서를 추가로 포함하고,

상기 제2 렌즈의 상기 시스템 제어기는 상기 동공 직경 측정치를 상기 통신 시스템들을 통해 상기 제1 렌즈의 상기 시스템 제어기로 송신하도록 구성되어서, 상기 제1 렌즈 시스템 제어기는 상기 착용자의 눈의 측정된 동공 확장들이 실질적으로 유사한지 여부를 판정하도록 구성되고, 상기 동공 확장들이 상이할 때, 상기 제1 시스템 제어기는 상기 출력 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송하도록 구성되는, 렌즈 쌍.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 시스템 제어기가 상기 안검 위치 센서 시스템에 의해 검출되는 바와 같은 환경 광 조건의 변화에 반응하지 않는 동공 크기의 변화를 검출할 때 그리고 상기 동공 크기가 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터의 적어도 하나의 신호에 기초하는 경우, 상기 시스템 제어기는 상기 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 13**

제1항에 있어서, 상기 시스템 제어기가, 일정 방향으로의 빠른 가속 이후에 착용자가 엎드린 자세로 있음을 나타내며 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터 오는 그러한 일정 방향에서의 안정된 가속도계 관독값을 검출할 때, 상기 시스템 제어기는 상기 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 공간 좌표들은 3차원인, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 15**

제1항에 있어서,

상기 움직임 센서는 적어도 하나의 가속도계를 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 적어도 하나의 가속도계로부터의 각각의 신호를 임계치와 비교하고, 임의의 신호가 상기 임계치를 초과할 때, 상기 시스템 제어기는 상기 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 홍채-대면 광원;

상기 광원으로부터 유래되는, 상기 눈으로부터 다시 반사된 광을 수신하도록 배열되고, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 적어도 하나의 홍채-대면 광센서; 및

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 송신기를 추가로 포함하고,

상기 시스템 제어기는 산소측정기 신호(oximeter signal)를 상기 광원으로 전송하며 상기 적어도 하나의 광센서로부터의 신호를 수신하도록 구성되는데, 그 수신된 신호는 상기 송신기를 통하여 상기 시스템 제어기에 의해 처리하기 위해 외부 디바이스로 송신되는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 17**

제1항에 있어서, 상기 시스템 제어기는 하나 초과 시스템 센서를 사용하여, 상기 출력 제어 신호가 상기 경보 메커니즘으로 전송될 필요가 있는지에 대한 상기 시스템 제어기에 의한 임의의 결정을 확인하도록 구성되는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 18**

급전식 안과용 렌즈로서,

콘택트 렌즈;

상기 콘택트 렌즈 내의 제1 센서;

상기 콘택트 렌즈 내의 적어도 하나의 제2 센서;

상기 제1 센서 및 상기 적어도 하나의 제2 센서와 전기 통신 상태에 있고, 상기 센서들로부터 수신된 데이터를 저장하기 위한 적어도 2 세트의 레지스터들 및 복수의 문제 템플릿들을 포함하는 관련 메모리를 갖고, 수신된 센서 데이터를 상기 복수의 문제 템플릿들과 비교하고 매칭이 발생할 때 제어 신호를 생성하도록 구성된 시스템 제어기; 및

상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고, 출력 제어 신호를 수신하도록 구성되며, 경보를 제공하는 것 및 데이터를 저장하는 것 중 적어도 하나를 할 수 있는 적어도 하나의 경보 메커니즘을 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 19**

제18항에 있어서, 상기 제1 센서 및/또는 상기 적어도 하나의 제2 센서는 안검 위치 센서 시스템, 눈 움직임 센

서 시스템, 바이오센서, 바이오임피던스 센서, 온도 센서, 및 맥박 산소측정기로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 20**

급전식 안과용 렌즈로서,

콘택트 렌즈;

상기 콘택트 렌즈 내의 홍채-대면 광원;

상기 광원으로부터 유래되는, 상기 눈으로부터 다시 반사된 광을 수신하도록 배열된 적어도 하나의 홍채-대면 광센서; 및

상기 홍채-대면 광원 및 상기 적어도 하나의 홍채-대면 광센서와 전기 통신 상태에 있고, 상기 홍채-대면 광센서로부터의 적어도 하나의 신호를 처리하고 상기 처리된 신호를 상기 홍채-대면 광원으로 전송된 적어도 하나의 신호와 상관시키도록 구성된 시스템 제어기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 21**

제20항에 있어서, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 송신기를 추가로 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 상관된 신호들을 상기 송신기를 통해 처리를 위해 외부 디바이스로 전송하도록 구성되는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 22**

제20항에 있어서, 상기 홍채-대면 광원 및 상기 적어도 하나의 홍채-대면 광센서는 서로 이격되어서, 상기 홍채-대면 광원 및 상기 적어도 하나의 홍채-대면 광센서가 상기 콘택트 렌즈의 서로 반대편인 예지들에 근접해 있도록 하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 23**

제20항에 있어서, 상기 홍채-대면 광원은 약 660 nm의 파장을 갖는 광을 송신하는 제1 광 방출기 및 약 890 nm 내지 약 950 nm의 파장을 갖는 광을 송신하는 제2 광 방출기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

**청구항 24**

적어도 하나의 콘택트 렌즈의 착용자에 대한 시험 프로토콜을 수행하기 위한 시스템으로서,

디바이스로서, 상기 디바이스는,

시험 프로토콜을 실행시키도록 구성된 프로세서,

상기 프로세서에 접속된 카메라,

상기 프로세서에 접속되며 상기 프로세서에 의해 생성된 이미지들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이, 및

통신 모듈을 포함하는, 상기 디바이스; 및

적어도 하나의 급전식 안과용 콘택트 렌즈를 포함하고, 상기 콘택트 렌즈는,

눈 위치를 결정 및 추적하기 위한 센서를 포함하고, 상기 눈의 공간적 위치를 출력하도록 구성된 눈 움직임 센서 시스템,

상기 센서와 협력적으로 연관되고, 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터 출력된 상기 공간적 위치에 기초하여 상기 눈의 움직임을 결정하도록 구성되고, 상기 결정에 기초하여 제어 신호를 출력하도록 추가로 구성된 시스템 제어기, 및

상기 시험 프로토콜의 수행 동안 상기 디바이스의 상기 통신 모듈과의 통신을 용이하게 하도록 구성된 통신 회로를 갖고,

상기 프로세서는 상기 시스템 제어기와 연계하여 상기 시험 프로토콜을 수행하는, 시스템.

**청구항 25**

제24항에 있어서,

상기 시스템 제어기에 의해 생성된 상기 제어 신호는 시선 방향 정보를 포함하고,

상기 시험 프로토콜은 상기 디스플레이가 피험자에게 지시들을 제공하고 있는 동안 피험자에 의한 상기 디바이스의 움직임을, 피험자의 머리의 움직임에 대해 모니터링하면서 상기 통신 회로 및 상기 통신 모듈을 통하여 상기 시스템 제어기에 의해 송신되는 수신된 시선 방향과 상관시키고, 상기 피험자의 머리의 움직임 또는 상관관계 없음 중 적어도 하나가 발생할 때, 상기 프로세서는 상기 디스플레이 상에 경보가 나타나게 트리거하도록 구성되고,

상기 지시들은 상기 프로세서에 의해 수행되는 명령어들에 기초하여 상기 프로세서에 의해 생성되는, 시스템.

**청구항 26**

제25항에 있어서,

상기 디바이스는 상기 프로세서에 전기적으로 접속된 가속도계를 포함하여서, 상기 프로세서가 상기 카메라의 출력과 함께 상기 가속도계의 출력을 사용하여, 상기 디바이스가 상기 피험자의 전방에서 실질적으로 직선으로 이동되는 동안 상기 피험자의 머리가 안정되어 있는지 여부를 판정하도록 구성되고,

상기 프로세서는 상기 통신 회로 및 상기 통신 모듈을 통하여 송신된 상기 렌즈로부터의 가속도계 관독값들을 상기 디바이스 상의 상기 가속도계로부터의 가속도계 신호들과 상관시키도록 구성되고, 상기 디바이스 및 상기 렌즈에 의해 이동된 거리에 대한 정규화 이후에 상기 가속도계 신호들 사이의 차이가 임계치보다 클 때, 상기 프로세서는 상기 디스플레이 상에 경보가 나타나게 트리거하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 27**

제24항에 있어서,

상기 렌즈는, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고 동공 직경을 나타내는 신호를 제공하도록 구성된 홍채-대면 동공 직경 센서를 추가로 포함하고,

상기 디바이스는 상기 프로세서에 의해 제어가능한 광원을 추가로 포함하고,

상기 시험 프로토콜은,

상기 프로세서가 상기 광원을 활성화하는 것,

상기 시스템 제어기가 광원 활성화 전후의 상기 동공 직경을 상기 동공 직경 센서로 측정하고, 상기 시스템 제어기가 상기 측정치들을 안테나들을 통하여 상기 프로세서로 송신하는 것,

상기 프로세서가 상기 측정치들을 비교하여 동공 확장을 결정하는 것, 및

상기 프로세서가 상기 동공 확장이 확장 임계치를 초과하는 것 및 동공 확장이 비확장(undilated) 임계치 미만인 것 중 적어도 하나일 때, 상기 디스플레이로 경보를 전송하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 상기 콘택트 렌즈는 상기 시스템 제어기와 통신 상태에 있는 광검출기를 추가로 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 광검출기의 출력들을 사용하여 상기 광원의 광 수준을 검출하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 29**

제24항에 있어서,

상기 렌즈는, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고 동공 직경을 측정하기 위한 홍채-대면 동공 직경 센서를 추가로 포함하고,

상기 디바이스는 상기 프로세서에 의해 제어가능한 광원을 추가로 포함하고,

상기 시험 프로토콜은,

상기 프로세서가 상기 착용자에게 밝은 광을 보도록 지시하는 명령어를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 것,

상기 시스템 제어기가 광원 활성화 전후의 상기 동공 직경을 상기 동공 직경 센서로 측정하고, 상기 시스템 제어기가 상기 측정치들을 안테나들을 통하여 상기 프로세서로 송신하는 것,

상기 프로세서가 상기 측정치들을 비교하여 동공 확장을 결정하는 것, 및

상기 프로세서가 상기 동공 확장이 확장 임계치를 초과하는 것 및 동공 확장이 비확장 임계치 미만인 것 중 적어도 하나일 때, 상기 디스플레이로 경보를 전송하는 것을 포함하는, 시스템.

### 청구항 30

제29항에 있어서, 상기 콘택트 렌즈는 상기 시스템 제어기와 통신 상태에 있는 광검출기를 추가로 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 광검출기의 출력들을 사용하여 상기 광원의 광 수준을 검출하도록 구성되는, 시스템.

### 청구항 31

제24항에 있어서,

상기 센서는 적어도 하나의 가속도계를 포함하고,

상기 시험 프로토콜은, 상기 시스템 제어기가 상기 가속도계로부터 수신된 신호에 기초하여 상기 착용자의 머리의 가속도가 뇌진탕 임계치(concussion threshold)를 초과함을 결정할 때의 가능한 뇌진탕의 검출에 의해 프롬프트(prompt)되는, 시스템.

### 청구항 32

제24항에 있어서, 상기 시험 프로토콜은,

상기 렌즈의 착용자가 정지 물체 상의 일정 위치에 초점을 맞추게 하는 것,

상기 착용자가 계속해서 상기 위치를 바라보게 하면서 상기 착용자의 머리를 우측 또는 좌측으로 회전시키는 것,

상기 착용자의 머리의 회전 속도에 대한 상기 착용자의 시선을 추적하여 그 차이가 미리 결정된 임계치 내에 있는지 여부를 판정하는 것, 및

상기 디스플레이 상에 경보를 디스플레이하기 위해 경보 신호를 상기 디바이스로 송신하는 것을 통하여 그리고/또는 상기 경보 메커니즘을 통하여 중 적어도 하나로 상기 착용자에게 경보를 발하는 것을 포함하는, 시스템.

### 청구항 33

제32항에 있어서,

상기 눈 움직임 센서 시스템은 적어도 하나의 가속도계를 포함하고,

상기 차이는 상기 적어도 하나의 가속도계로부터의 신호에 기초하여 결정되고, 여기서 상기 신호가 0(zero)인 것은 상기 착용자가 벽 상의 위치를 추적한다는 확인인 반면, 상기 신호가 0이 아닌 값일 때 상기 착용자는 벽 상의 위치를 추적할 시에 지연을 갖는, 시스템.

### 청구항 34

제32항에 있어서, 상기 시험 프로토콜은 검증 연구에서 나중에 사용하기 위해 상기 시험 프로토콜로부터의 데이터를 상기 디바이스 상에 저장하는 것을 추가로 포함하는, 시스템.

### 청구항 35

적어도 하나의 콘택트 렌즈의 착용자에 대한 시험 프로토콜을 수행하기 위한 시스템으로서,

적어도 하나의 급전식 안과용 콘택트 렌즈를 포함하고, 상기 콘택트 렌즈는,  
 동공 직경을 나타내는 신호를 출력하도록 구성된 홍채-대면 동공 직경 센서;  
 적어도 하나의 전방-대면 광검출기;

경보 메커니즘; 및

상기 홍채-대면 동공 직경 센서 및 상기 적어도 하나의 광검출기와 통신 상태에 있는 시스템 제어기를 갖고, 상기 시스템 제어기는,

상기 홍채-대면 동공 직경 센서의 출력들을 모니터링하도록,

밝기 임계치를 초과하는 검출된 광에 대해 상기 적어도 하나의 전방-대면 광검출기를 모니터링하도록,

상기 밝기 임계치를 초과하는 상기 광의 검출 전후로부터의 상기 홍채-대면 동공 직경 센서의 출력을 비교하도록, 그리고

상기 홍채-대면 동공 직경 센서의 출력들 사이의 차이가 확장 임계치를 초과하거나 또는 비확장 임계치 미만일 때, 상기 경보 메커니즘으로 신호를 전송하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 36**

제35항에 있어서, 상기 경보 메커니즘은 상기 시스템 제어기로부터의 신호에 응답하여 상기 사용자에게 경보를 발하는, 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 급전식 또는 전자 안과용 렌즈에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 렌즈 착용자의 하나 이상의 의학적 질환들(또는 상태들)을 모니터링하기 위한 센서 및 관련 하드웨어 및 소프트웨어를 갖는 급전식 또는 전자 안과용 렌즈에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 전자 디바이스가 계속하여 소형화됨에 따라, 다양한 용도를 위해 착용가능한 또는 매설가능한 마이크로전자 디바이스를 생성하기가 점점 더 쉬워지고 있다. 그러한 용도는 신체 화학성상(chemistry)의 양상을 모니터링하는 것, 측정에 응답하거나 외부 제어 신호에 응답해, 자동적으로 이루어지는 것을 비롯하여, 다양한 메커니즘을 통해 약물 또는 치료제의 제어된 투입량을 투여하는 것, 및 장기 또는 조직의 수행 능력(performance)을 증대시키는 것을 포함할 수 있다. 그러한 디바이스의 예는 포도당 주입 펌프, 심장 박동기(pacemaker), 제세동기(defibrillator), 심실 보조 디바이스(ventricular assist device) 및 신경자극기(neurostimulator)를 포함한다. 새로운, 특히 유용한 응용 분야는 안과용의 착용가능한 렌즈 및 콘택트 렌즈이다. 예를 들어, 착용가능한 렌즈는 눈의 수행 능력을 증대시키거나 향상시키기 위해 전자적으로 조절가능한 초점을 갖는 렌즈 조립체를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 조절가능한 초점을 갖거나 갖지 않는 착용가능한 콘택트 렌즈는 각막전(precorneal) (누액) 막 내의 특정 화학물질의 농도를 검출하기 위한 전자 센서를 포함할 수 있다. 렌즈 조립체에서의 매설된 전자기기의 사용은 전자기기와 통신에 대한, 전자기기에 급전 및/또는 다시 동력공급하는 방법에 대한, 전자기기를 상호접속시키는 것에 대한, 내부 및 외부 감지 및/또는 모니터링에 대한, 그리고 렌즈의 전반적인 기능 및 전자기기의 제어에 대한 잠재적 요건을 도입시킨다.

[0003] 사람 눈은 수많은 색상을 분간하는 능력, 달라지는 광 조건에 대해 쉽게 조절되는 능력, 및 고속 인터넷 접속의 속도를 초과하는 속도로 신호 또는 정보를 뇌로 전송하는 능력을 갖는다. 근시(바투보기), 원시(멀리보기), 노안 및 난시와 같은 시력 결함을 교정하기 위해 콘택트 렌즈 및 안내 렌즈(intraocular lens)와 같은 렌즈가 현재 이용되고 있다. 그러나, 추가의 구성요소를 포함하는 적절하게 설계된 렌즈는 시력 결함을 교정하는 데뿐만 아니라 시력을 향상시키는 데 이용될 수 있다.

[0004] 콘택트 렌즈는 근시, 원시, 난시뿐만 아니라 다른 시력 결함을 교정하는 데 이용될 수 있다. 콘택트 렌즈는 또한 착용자의 눈의 본래 외양을 향상시키는 데 이용될 수 있다. 콘택트 렌즈 또는 "콘택트(contacts)"는 간단히 눈의 전방 표면 상에 배치되는 렌즈이다. 콘택트 렌즈는 의료 디바이스로 간주되며, 시력을 교정하기 위해 그

리고/또는 미용상 또는 다른 치료상의 이유로 착용될 수 있다. 콘택트 렌즈는 1950년대 이래로 시력을 개선하기 위해 상업적으로 이용되어 왔다. 초기 콘택트 렌즈는 경질 재료로 만들어지거나 제조되었고, 비교적 고가이고 부서지기 쉬웠다. 또한, 이들 초기 콘택트 렌즈는 콘택트 렌즈를 통한 결막 및 각막으로의 충분한 산소 투과를 허용하지 않는 물질로부터 제조되었고, 이로 인해 잠재적으로 많은 불리한 임상 효과를 초래할 수 있었다. 이들 콘택트 렌즈가 여전히 이용되지만, 이들은 그들의 부족한 초기 편안함으로 인해 모든 환자에게 적합하지는 않다. 해당 분야의 이후의 개발에 의해 하이드로겔에 기반한 소프트 콘택트 렌즈가 생겼으며, 이는 매우 인기가 있고 현재 널리 이용된다. 구체적으로, 현재 이용가능한 실리콘 하이드로겔 콘택트 렌즈는 매우 높은 산소 투과성을 갖는 실리콘의 이점을, 하이드로겔의 입증된 편안함 및 임상 성과와 조합한다. 본질적으로, 이들 실리콘 하이드로겔 기반의 콘택트 렌즈는 더 높은 산소 투과성을 갖고, 일반적으로 초기의 경질 재료로 제조된 콘택트 렌즈보다 착용하기에 더 편안하다.

[0005] 종래의 콘택트 렌즈는 위에서 간략하게 기재된 바와 같은 다양한 시력 문제를 교정하기 위해 특정 형상을 갖는 중합체 구조물이다. 향상된 기능을 달성하기 위해, 다양한 회로 및 구성요소들이 이들 중합체 구조물에 통합되어야 한다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 시력을 교정하기 위해서는 물론 시력을 향상시키는 것뿐만 아니라 부가의 기능을 제공하기 위해, 예를 들어, 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 디바이스, 전원, 센서, 액추에이터, 발광 다이오드, 및 소형 안테나가 주문 제작된 광전자 구성요소를 통해 콘택트 렌즈에 통합될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 안과용 렌즈가 줌인 및 줌아웃 능력을 통해 또는 단순히 렌즈의 굴절 능력을 수정하는 것을 통해 향상된 시력을 제공하도록 설계될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈는, 색상 및 분해능을 향상시키도록, 텍스트 정보를 표시하도록, 음성을 실시간으로 캡션으로 변환하도록, 내비게이션 시스템으로부터 시각적 큐를 제공하도록, 그리고 이미지 처리 및 인터넷 접속을 제공하도록 설계될 수 있다. 렌즈는 착용자가 낮은 조명 조건에서 볼 수 있도록 설계될 수 있다. 적절히 설계된 전자기기 및/또는 렌즈 상에서의 전자기기의 배열은, 예를 들어, 가변 초점 광학 렌즈 없이 망막 상으로 이미지를 투사하는 것을 허용할 수 있고, 신규한 이미지 디스플레이를 제공할 수 있다. 대안적으로, 또는 이들 기능 또는 유사한 기능들 중 임의의 것에 추가해, 콘택트 렌즈는 착용자의 바이오마커(biomarker) 및 건강 표지(health indicator)의 비침습적 모니터링을 위한 구성요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 렌즈에 설치된 센서는 당뇨병 환자가 혈액을 채취할 필요 없이 누액막의 성분을 분석함으로써 혈당 수준을 감시하게 할 수 있다. 게다가, 적절히 구성된 렌즈는 콜레스테롤, 나트륨 및 칼륨 수준뿐만 아니라 다른 생물학적 마커를 모니터링하기 위한 센서들을 포함할 수 있다. 이는, 무선 데이터 송신기와 결합되어, 환자가 검사실에 가서 혈액을 채취하는 시간을 낭비할 필요 없이 의사가 환자의 혈액 화학성상에 거의 즉각적으로 접근하게 할 수 있다. 또한, 렌즈에 설치된 센서는 주변 광 조건을 보상하기 위해, 또는 깜박임 패턴을 결정하는 데 사용하기 위해 눈에 입사되는 광을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0006] 디바이스들의 적절한 조합은 잠재적으로 무제한의 기능을 산출할 수 있지만, 하나의 광학 등급 중합체 상에의 추가의 구성요소의 포함과 연관된 많은 어려움이 존재한다. 일반적으로, 많은 이유로 인해 렌즈 상에 직접 그러한 구성요소를 제조하는 것이 어려울 뿐만 아니라, 비-평면 표면 상에 평면형 디바이스들을 장착하고 이들을 상호접속시키는 것도 어렵다. 일정한 축적으로 제조하는 것이 또한 어렵다. 렌즈 상에 또는 렌즈 내에 배치되는 구성요소는 눈 상의 액체 환경으로부터 구성요소를 보호하면서 단지 1.5 제곱센티미터의 투명 중합체 상으로 소형화 및 통합될 필요가 있다. 추가의 구성요소의 부가된 두께로 인해 착용자에게 편안하고 안전한 콘택트 렌즈를 제조하는 것이 또한 어렵다.

[0007] 콘택트 렌즈와 같은 안과용 디바이스의 면적 및 체적 제약과, 안과용 디바이스가 이용될 환경을 고려하면, 디바이스의 물리적 실현은 대부분이 광학 플라스틱을 포함하는 비-평면 표면 상에 다수의 전자 구성요소를 장착하고 이들을 상호접속시키는 것을 비롯해 많은 문제를 극복하여야 한다. 따라서, 기계적으로 그리고 전기적으로 강건한 전자 콘택트 렌즈를 제공할 필요성이 존재한다.

[0008] 이들이 급전식 렌즈이기 때문에, 안과용 렌즈에 대한 크기에서 배터리 기술이 주어진 경우, 전자기기를 구동하는 에너지 또는 보다 상세하게는 전류 소비가 관심사이다. 보통의 전류 소비에 더하여, 이러한 특성의 급전식 디바이스 또는 시스템은 일반적으로 대기 전류 비축, 잠재적으로 넓은 범위의 동작 파라미터에 걸쳐 동작을 보장하는 정확한 전압 제어 및 스위칭 능력, 및 잠재적으로 수년 동안 유힬 상태로 있는 후의 버스트 소비량(burst consumption), 예를 들어 한번의 충전으로 최대 18시간을 필요로 한다. 따라서, 요구되는 전력을 제공하면서 저비용, 장기간 신뢰가능한 서비스, 안전 및 크기에 최적화되어 있는 시스템에 대한 필요성이 존재한다.

[0009] 게다가, 급전식 렌즈와 연관된 기능의 복잡성 및 급전식 렌즈를 구성하는 모든 구성요소들 사이의 높은 수준의 상호작용으로 인해, 급전식 안과용 렌즈를 구성하는 전자기기 및 광학계의 전체적인 동작을 조정하고 제어할 필

요가 있다. 따라서, 안전하고 저비용이며 신뢰할 수 있고, 낮은 전력 소비율을 가지며, 안과용 렌즈에 포함시키기 위해 크기조정이 가능한, 다른 구성요소들 모두의 동작을 제어하는 시스템에 대한 필요성이 있다.

[0010] 급전식 또는 전자 안과용 렌즈들은 급전식 또는 전자 안과용 렌즈를 이용하는 사람으로부터의 소정의 고유 생리적인 기능들을 고려해야 할 수 있다. 보다 구체적으로, 급전식 렌즈들은, 예를 들어, 사람이 졸고 있는 경우, 주어진 기간 내의 깜박임의 수, 깜박임의 지속기간, 깜박임들 사이의 시간, 및 임의의 개수의 가능한 깜박임 패턴들을 비롯한 깜박임을 고려해야 할 수 있다. 깜박임 검출은 또한 소정의 기능을 제공하기 위해 이용될 수 있는데, 예를 들어 급전식 안과용 렌즈의 하나 이상의 태양들을 제어하는 수단으로서 깜박임이 이용될 수 있다. 또한, 깜박임을 결정할 때 광 세기 수준의 변화 및 사람의 안검이 차단하는 가시광의 양과 같은 외부 인자가 고려되어야 한다. 예를 들어, 실내가 54 내지 161 lux의 조명 수준을 가지는 경우, 광센서는 사람이 눈을 깜박일 때 일어나는 광 세기 변화를 검출하기에 충분하게 민감해야 한다.

[0011] 많은 시스템 및 제품에서, 예를 들어, 실내 광에 따라 밝기를 조정하기 위해 텔레비전에서, 해질무렵에 켜지는 조명에서, 그리고 화면 밝기를 조정하는 전화에서 주변 광 센서 또는 광센서가 이용된다. 그러나, 이들 현재 이용되는 센서 시스템은 충분히 작지 않고/않거나 콘택트 렌즈에 포함하기에 충분히 낮은 전력 소비를 가지고 있지 않다.

[0012] 또한, 상이한 유형의 깜박임 검출기들이 사람의 눈(들)으로 향해 있는 컴퓨터 시각 시스템, 예를 들어 컴퓨터에 대해 디지털화된 카메라에 의해 구현될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 컴퓨터 상에서 실행되는 소프트웨어는 눈이 열리고 닫히는 것과 같은 시각적 패턴을 인식할 수 있다. 이들 시스템은 진단 목적 및 연구를 위해 안과용 임상 현장에서 이용될 수 있다. 전술된 검출기 및 시스템과 달리, 이들 시스템은 오프-아이(off eye) 용도를 위해 그리고 눈으로부터 멀리 보기보다는 오히려 살펴보기 위해 의도된다. 이들 시스템이 콘택트 렌즈 내에 포함되기에 충분히 작지 않지만, 이용되는 소프트웨어는 급전식 콘택트 렌즈와 관련하여 동작하게 될 소프트웨어와 유사할 수 있다. 어느 시스템이든 입력으로부터 학습하고 그에 따라 그의 출력을 조정하는 인공 신경망의 소프트웨어 구현을 포함할 수 있다. 대안적으로, 통계, 다른 적응적 알고리즘, 및/또는 신호 처리를 포함하는 비생물학 기반 소프트웨어 구현이 스마트 시스템을 생성하는 데 이용될 수 있다.

[0013] 작업자가 의식이 있고 깨어 있기를 요구하는 다양한 직업, 예를 들어, 근무 중인 트럭 운전자, 경호원 및 군인이 있다. 작업자가 그의 또는 그녀의 근무를 수행하는 동안 잠든 경우 역효과를 낳을 것이고 잠재적인 문제로 이어질 것이다. 많은 이러한 직업은 작업자가 그 근무를 수행하는 동안 이동성을 갖도록 요구되고, 그와 같이 고정된 베이스 모니터링 시스템은 이들 작업자의 모니터링을 제공하는 데 실용적이지 않다. 게다가, 규제된 양의 수면을 휴식시간에 요구하는 많은 직업들이 있는데, 이들은 보다 양호한 기록을 제공하기 위해 작업자의 수면의 자동 로깅(logging)을 갖는 대신에 작업자에 의해 수동으로 로깅된다.

[0014] 따라서, 깜박임 또는 눈 감음(eye closure)의 길이와 같은 소정의 생리적인 기능을 검출하기 위한 수단 및 방법에 대한 필요성이 존재한다. 이용되는 센서는 콘택트 렌즈에서 사용되도록 구성되고 크기가 정해질 필요가 있다. 추가로, 사용자의 안검의 위치를 검출하는 것에 대한 필요성이 존재한다. 사용자가 잠들어 있는지를 검출하기 위해, 예를 들어, 잠들어 있는 착용자의 데이터 이벤트를 로깅하기 위해, 안검 위치 센서가 사용될 수 있다. 안검 위치를 검출하기 위한 기존의 시스템들이 있지만; 이들은 카메라 이미지와 같은 디바이스, 이미지 인식, 및 눈 및 안검에서의 반사에 의존하는 적외선 방출기/검출기 쌍으로 제한된다. 안검 위치를 검출하기 위한 기존의 시스템들은 또한 임상 환경 또는 안경의 사용에 의존하고, 콘택트 렌즈 내에 쉽게 포함되지 않는다.

**발명의 내용**

[0015] 적어도 하나의 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 콘택트 렌즈; 및 콘택트 렌즈 내에 적어도 부분적으로 봉지되고 수직 안검 위치를 검출하도록 구성된 안검 위치 센서 시스템, 및 상기 센서 시스템 내의 각각의 개별 센서를 샘플링하여 안검 위치를 검출하고 출력 안검 신호를 제공하도록 구성된 신호 조절기; 콘택트 렌즈 내에 적어도 부분적으로 봉지되고, 눈 위치를 추적 및 결정하기 위한 적어도 하나의 움직임 센서, 및 상기 움직임 센서와 협력적으로 연관되며(cooperatively associated) 상기 움직임 센서의 출력으로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표들에서의 눈 위치를 추적 및 결정하고 출력 움직임 신호를 제공하도록 구성된 신호 조절기를 포함하는 눈 움직임 센서 시스템; 상기 안검 위치 센서 시스템 및 상기 눈 움직임 센서 시스템과 전기 통신 상태에 있고, 상기 안검 위치 센서 시스템 및 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터 수신된 데이터를 저장하기 위한 적어도 2 세트의 레지스터들 및 복수의 문제 템플릿들을 포함하는 관련 메모리를 갖고, 수신된 출력 안검 신호 데이터 및 출력 움직임 신호 데이터를 상기 복수의 문제 템플릿들과 비교하고 적어도 하나의 문제 템플릿이 만족될 때 제어 신호를 생성하도록 구성된 시스템 제어기; 및 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고, 출력 제어 신호

를 수신하도록 구성되며, 경보를 제공하는 것 및 데이터를 저장하는 것 중 적어도 하나를 할 수 있는 적어도 하나의 경보 메커니즘을 포함한다. 추가 실시 형태에서, 복수의 문제 템플릿들 중 적어도 하나는 상기 렌즈의 의도된 착용자에 대한 이력 데이터에 기초한다.

[0016] 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 사용자 입력; 및 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 저장 메모리를 추가로 포함하고, 상기 시스템 제어기는 상기 안검 위치 센서 시스템 및 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터의 복수의 신호들을 저장하기 위한 버퍼 메모리를 포함하여서, 상기 사용자 입력으로부터의 신호의 수신 시에, 시스템 제어기가 버퍼 메모리 내의 데이터를 상기 저장 메모리에 복사하도록 한다. 추가 실시 형태에서, 사용자 입력은 상기 버퍼 메모리에 존재하는 데이터를 저장하기 위해 개인에서 유래되는 무선 입력을 수신할 수 있는 수신기를 포함한다.

[0017] 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고, 외부 디바이스로부터의 데이터 요청을 수신하도록 구성된 수신기; 및 상기 시스템 제어기 및 상기 저장 메모리와 전기 통신 상태에 있는 송신기를 추가로 포함하고, 상기 시스템 제어기는 수신된 데이터 요청에 응답하여, 상기 저장 메모리의 내용물을 상기 송신기를 통하여 외부 디바이스로 송신한다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 시스템 제어기가 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터의 발진 신호를 결정할 때, 상기 시스템 제어기는 버퍼 메모리 내의 데이터를 저장 메모리에 복사한다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 눈 움직임 센서 시스템은 눈의 이미지를 캡처하도록 위치설정된 적어도 하나의 광검출기; 이미지들, 패턴들, 또는 대비의 변화를 검출하여 눈 움직임을 추적하도록 구성된 적어도 하나의 홍채-대면 카메라; 눈 또는 콘택트 렌즈 중 적어도 하나의 움직임을 추적하기 위한 적어도 하나의 가속도계; 및 눈 움직임과 연관된 신경근 활동을 검출하도록 구성된 적어도 하나의 신경근 센서 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 눈 움직임 센서 시스템은, 상기 움직임 센서로부터의 신호들을 수신하고, 디지털 신호 처리를 수행하고, 하나 이상을 시스템 제어기로 출력하도록 구성된 신호 프로세서를 추가로 포함한다.

[0018] 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 시스템 제어기가 상기 안검 위치 센서 시스템에 의해 검출되는 바와 같은 환경 광 조건의 변화에 반응하지 않는 동공 크기의 변화를 검출할 때 그리고 동공 크기가 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터의 적어도 하나의 신호에 기초하는 경우, 상기 시스템 제어기는 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송한다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 시스템 제어기가, 일정 방향으로의 빠른 가속 이후에 착용자가 엎드린 자세로 있음을 나타내며 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터 오는 그러한 일정 방향에서의 안정된 가속도계 판독값을 검출할 때, 상기 시스템 제어기는 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송한다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 공간 좌표들은 3차원이다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 움직임 센서는 적어도 하나의 가속도계를 포함하고, 상기 시스템 제어기는 상기 적어도 하나의 가속도계로부터의 각각의 신호를 임계치와 비교하고, 임의의 신호가 임계치를 초과할 때, 상기 시스템 제어기는 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송한다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 홍채-대면 광원; 상기 광원으로부터 유래되는, 눈으로부터 다시 반사된 광을 수신하도록 배열되고, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 적어도 하나의 홍채-대면 광센서; 및 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 송신기를 추가로 포함하고, 상기 시스템 제어기는 산소측정기 신호(oximeter signal)를 상기 광원으로 전송하며 상기 적어도 하나의 광센서로부터의 신호를 수신하도록 구성되는데, 그 수신된 신호는 상기 송신기를 통하여 상기 시스템 제어기에 의해 처리하기 위해 외부 디바이스로 송신된다. 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 시스템 제어기는 하나 초과 시스템 센서를 사용하여, 출력 제어 신호가 상기 경보 메커니즘으로 전송될 필요가 있는지에 대한 상기 시스템 제어기에 의한 임의의 결정을 확인하도록 구성된다.

[0019] 상기 실시 형태들 중 임의의 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 전술된 급전식 안과용 렌즈를 포함하는 렌즈 쌍이 있고, 눈 움직임 센서 시스템은 적어도 제2 콘택트 렌즈와 통신하기 위한 통신 시스템을 추가로 포함하고, 상기 제2 콘택트 렌즈는, 콘택트 렌즈 내에 포함되고, 눈 위치를 추적 및 결정하기 위한 적어도 하나의 센서, 및 센서와 협력적으로 연관되며 센서 출력으로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표들에서의 눈 위치를 추적 및 결정하고 출력 움직임 신호를 제공하도록 구성된 신호 조절기를 포함하는 눈 움직임 센서 시스템; 상기 눈 움직임 센서 시스템과 전기 통신 상태에 있는 시스템 제어기; 및 눈 움직임 센서 시스템의 출력을 상기 제1 콘택트 렌즈로 통신하기 위한 통신 시스템을 갖는다. 이전 실시 형태에 추가하여, 상기 제1 콘택트 렌즈 내의 시

시스템 제어기가 착용자의 눈들의 시선들의 눈별림(divergence)을 검출할 때, 상기 시스템 제어기는 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송한다. 이전 실시 형태들 중 어느 하나의 실시 형태에 추가하여, 각각의 렌즈는, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고 동공 직경을 측정하기 위한 후방-대면 동공 직경 센서를 추가로 포함하고, 상기 제2 렌즈의 상기 시스템 제어기는 상기 동공 직경 측정치를 상기 통신 시스템들을 통해 상기 제1 렌즈의 상기 시스템 제어기로 송신하도록 구성되어, 상기 제1 렌즈 시스템 제어기는 착용자의 눈의 측정된 동공 확장들이 실질적으로 유사한지 여부를 판정하도록 구성되고, 동공 확장들이 상이할 때, 제1 시스템 제어기는 출력 제어 신호를 상기 경보 메커니즘으로 전송하도록 구성된다.

[0020] 적어도 하나의 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 콘택트 렌즈; 상기 콘택트 렌즈 내의 제1 센서; 상기 콘택트 렌즈 내의 적어도 하나의 제2 센서; 상기 제1 센서 및 상기 적어도 하나의 제2 센서와 전기 통신 상태에 있고, 상기 센서들로부터 수신된 데이터를 저장하기 위한 적어도 2 세트의 레지스터들 및 복수의 문제 템플릿들을 포함하는 관련 메모리를 갖고, 수신된 센서 데이터를 상기 복수의 문제 템플릿들과 비교하고 매칭이 발생할 때 제어 신호를 생성하도록 구성된 시스템 제어기; 및 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고, 출력 제어 신호를 수신하도록 구성되며, 경보를 제공하는 것 및 데이터를 저장하는 것 중 적어도 하나를 할 수 있는 적어도 하나의 경보 메커니즘을 포함한다. 추가 실시 형태에서, 제1 센서 및/또는 상기 적어도 하나의 제2 센서는 안검 위치 센서 시스템, 눈 움직임 센서 시스템, 바이오센서, 바이오임피던스 센서, 온도 센서, 및 맥박 산소측정기로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 또 다른 실시 형태에서, 전송된 센서들 중 적어도 하나는 이전 2개의 실시 형태들에서 제1 센서 및/또는 적어도 하나의 제2 센서로서 사용된다.

[0021] 적어도 하나의 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 콘택트 렌즈; 상기 콘택트 렌즈 내의 홍채-대면 광원; 상기 광원으로부터 유래되는, 눈으로부터 다시 반사된 광을 수신하도록 배열된 적어도 하나의 홍채-대면 광센서; 및 상기 홍채-대면 광원 및 상기 적어도 하나의 홍채-대면 광센서와 전기 통신 상태에 있고, 상기 홍채-대면 광센서로부터의 적어도 하나의 신호를 처리하고 처리된 신호를 상기 홍채-대면 광원으로 전송된 적어도 하나의 신호와 상관시키도록 구성된 시스템 제어기를 포함한다. 추가 실시 형태에서, 급전식 안과용 렌즈는 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 송신기를 추가로 포함하고, 상기 시스템 제어기는 상관된 신호들을 상기 송신기를 통해 처리를 위해 외부 디바이스로 전송하도록 구성된다. 이러한 단락의 다른 실시 형태들에 대한 추가 실시 형태에서, 홍채-대면 광원 및 상기 적어도 하나의 홍채-대면 광센서는 서로 이격되어, 상기 홍채-대면 광원 및 상기 적어도 하나의 홍채-대면 광센서가 상기 콘택트 렌즈의 서로 반대편인 에지들에 근접해 있도록 한다. 이러한 단락의 다른 실시 형태들에 대한 추가 실시 형태에서, 홍채-대면 광원은 약 660 nm의 파장을 갖는 광을 송신하는 제1 광 방출기 및 약 890 nm 내지 약 950 nm의 파장을 갖는 광을 송신하는 제2 광 방출기를 포함한다.

[0022] 적어도 하나의 실시 형태에서, 적어도 하나의 콘택트 렌즈의 착용자에 대한 시험 프로토콜을 수행하기 위한 시스템은, 디바이스로서, 디바이스는, 시험 프로토콜을 실행시키도록 구성된 프로세서, 상기 프로세서에 접속된 카메라, 상기 프로세서에 접속되며 상기 프로세서에 의해 생성된 이미지들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이, 및 통신 모듈을 포함하는, 상기 디바이스; 및 적어도 하나의 급전식 안과용 콘택트 렌즈를 포함하고, 콘택트 렌즈는, 눈 위치를 결정 및 추적하기 위한 센서를 포함하고, 눈의 공간적 위치를 출력하도록 구성된 눈 움직임 센서 시스템, 센서와 협력적으로 연관되고, 상기 눈 움직임 센서 시스템으로부터 출력된 공간적 위치에 기초하여 눈의 움직임을 결정하도록 구성되고, 결정에 기초하여 제어 신호를 출력하도록 추가로 구성된 시스템 제어기, 및 시험 프로토콜의 수행 동안 상기 디바이스의 상기 통신 모듈과의 통신을 용이하게 하도록 구성된 통신 회로를 갖고, 상기 프로세서는 상기 시스템 제어기와 연계하여 시험 프로토콜을 수행한다. 추가 실시 형태에서, 상기 시스템 제어기에 의해 생성된 제어 신호는 시선 방향 정보를 포함하고, 상기 시험 프로토콜은 디스플레이가 피험자에게 지시들을 제공하고 있는 동안 피험자에 의한 상기 디바이스의 움직임을, 피험자의 머리의 움직임에 대해 모니터링하면서 상기 통신 회로 및 상기 통신 모듈을 통하여 상기 시스템 제어기에 의해 송신되는 수신된 시선 방향과 상관시키고, 피험자의 머리의 움직임 또는 상관관계 없음 중 적어도 하나가 발생할 때, 상기 프로세서는 상기 디스플레이 상에 경보가 나타나게 트리거하도록 구성되고, 지시들은 상기 프로세서에 의해 수행되는 명령어들에 기초하여 상기 프로세서에 의해 생성된다. 이전 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 디바이스는 상기 프로세서에 전기적으로 접속된 가속도계를 포함하여, 상기 프로세서가 상기 카메라의 출력과 함께 상기 가속도계의 출력을 사용하여, 상기 디바이스가 피험자의 전방에서 실질적으로 직선으로 이동되는 동안 피험자의 머리가 안정되어 있는지 여부를 판정하도록 구성되고, 상기 프로세서는 상기 통신 회로 및 상기 통신 모듈을 통하여 송신된 상기 렌즈로부터의 가속도계 판독값들을 상기 디바이스 상의 상기 가속도계로부터의 가속도계 신호들과 상관시키도록 구성되고, 상기 디바이스 및 상기 렌즈에 의해 이동된 거리에 대한 정규화 이후에 가속도계 신호들 사이의 차이가 임계치보다 클 때, 상기 프로세서는 상기 디스플레이 상에 경보가 나

타나게 트리거하도록 구성된다.

[0023] 이전 단락의 제1 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 렌즈는, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고 동공 직경을 나타내는 신호를 제공하도록 구성된 홍채-대면 동공 직경 센서를 추가로 포함하고, 상기 디바이스는 상기 프로세서에 의해 제어가능한 광원을 추가로 포함하고, 상기 시험 프로토콜은, 상기 프로세서가 상기 광원을 활성화하는 것, 상기 시스템 제어기가 광원 활성화 전후의 상기 동공 직경을 상기 동공 직경 센서로 측정하고, 상기 시스템 제어기가 상기 측정치들을 안테나들을 통하여 상기 프로세서로 송신하는 것, 상기 프로세서가 상기 측정치들을 비교하여 동공 확장을 결정하는 것, 및 상기 프로세서가 동공 확장이 확장 임계치를 초과하는 것 및 동공 확장이 비확장 임계치 미만인 것 중 적어도 하나일 때, 상기 디스플레이로 경보를 전송하는 것을 포함한다. 추가 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는 상기 시스템 제어기와 통신 상태에 있는 광검출기를 추가로 포함하고, 상기 시스템 제어기는 상기 광검출기의 출력들을 사용하여 상기 광원의 광 수준을 검출하도록 구성된다. 이전 단락에서의 제1 실시 형태에 대한 추가 실시 형태에서, 렌즈는, 상기 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있고 동공 직경을 측정하기 위한 홍채-대면 동공 직경 센서를 추가로 포함하고, 상기 디바이스는 상기 프로세서에 의해 제어가능한 광원을 추가로 포함하고, 상기 시험 프로토콜은, 상기 프로세서가 착용자에게 밝은 광을 보도록 지시하는 명령어를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 것, 상기 시스템 제어기가 광원 활성화 전후의 상기 동공 직경을 상기 동공 직경 센서로 측정하고, 상기 시스템 제어기가 상기 측정치들을 안테나들을 통하여 상기 프로세서로 송신하는 것, 상기 프로세서가 상기 측정치들을 비교하여 동공 확장을 결정하는 것, 및 상기 프로세서가 동공 확장이 확장 임계치를 초과하는 것 및 동공 확장이 비확장 임계치 미만인 것 중 적어도 하나일 때, 상기 디스플레이로 경보를 전송하는 것을 포함한다. 추가 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는 상기 시스템 제어기와 통신 상태에 있는 광검출기를 추가로 포함하고, 상기 시스템 제어기는 상기 광검출기의 출력들을 사용하여 상기 광원의 광 수준을 검출하도록 구성된다.

[0024] 이전 2개의 단락들에서의 실시 형태들에 대한 추가 실시 형태에서, 센서는 적어도 하나의 가속도계를 포함하고, 시험 프로토콜은 상기 시스템 제어기가 상기 가속도계로부터 수신된 신호에 기초하여 착용자의 머리의 가속도가 뇌진탕 임계치(concussion threshold)를 초과함을 결정할 때의 가능한 뇌진탕의 검출에 의해 프롬프트(prompt)된다. 이러한 단락 및 이전 2개의 단락들에서의 실시 형태들에 대한 추가 실시 형태에서, 시험 프로토콜은, 렌즈의 착용자가 정지 물체 상의 일정 위치에 초점을 맞추게 하는 것, 착용자가 계속해서 그 위치를 바라보게 하면서 착용자의 머리를 우측 또는 좌측으로 회전시키는 것, 착용자의 머리의 회전 속도에 대한 착용자의 시선을 추적하여 그 차이가 미리 결정된 임계치 내에 있는지 여부를 판정하는 것, 및 상기 경보 메커니즘을 통하여 그 리고/또는 경보 신호를 상기 디바이스로 송신하여 상기 디스플레이 상에 경보를 디스플레이하는 것을 통하여 중 적어도 하나로 착용자에게 경보를 발하는 것을 포함한다. 추가 실시 형태에서, 눈 움직임 센서 시스템은 적어도 하나의 가속도계를 포함하고, 차이는 상기 적어도 하나의 가속도계로부터의 신호에 기초하여 결정되고, 여기서 신호가 0(zero)인 것은 착용자가 벽 상의 위치를 추적한다는 확인인 반면, 신호가 0이 아닌 값일 때 착용자는 벽 상의 위치를 추적할 시에 지연을 갖는다. 이전 2개의 실시 형태들에 대한 추가 실시 형태에서, 시험 프로토콜은 검증 연구에서 나중에 사용하기 위해 상기 시험 프로토콜로부터의 데이터를 상기 디바이스 상에 저장하는 것을 추가로 포함한다.

[0025] 적어도 하나의 실시 형태에서, 적어도 하나의 콘택트 렌즈의 착용자에 대한 시험 프로토콜을 수행하기 위한 시스템은, 적어도 하나의 급전식 안과용 콘택트 렌즈를 포함하고, 콘택트 렌즈는, 동공 직경을 나타내는 신호를 출력하도록 구성된 홍채-대면 동공 직경 센서; 적어도 하나의 전방-대면 광검출기; 경보 메커니즘; 및 상기 홍채-대면 동공 직경 센서 및 상기 적어도 하나의 광검출기와 통신 상태에 있는 시스템 제어기를 갖고, 시스템 제어기는, 상기 홍채-대면 동공 직경 센서의 출력들을 모니터링하도록, 밝기 임계치를 초과하는 검출된 광에 대해 상기 적어도 하나의 전방-대면 광검출기를 모니터링하도록, 밝기 임계치를 초과하는 광의 검출 전후로부터의 홍채-대면 동공 직경 센서의 출력을 비교하도록, 그리고 홍채-대면 동공 직경 센서의 출력들 사이의 차이가 확장 임계치를 초과하거나 또는 비확장 임계치 미만일 때, 상기 경보 메커니즘으로 신호를 전송하도록 구성된다. 추가 실시 형태에서, 경보 메커니즘은 시스템 제어기로부터의 신호에 응답하여 사용자에게 경보를 발한다.

**도면의 간단한 설명**

[0026] 본 발명의 전술한 그리고 다른 특징 및 이점은 첨부 도면에 예시된 바와 같은, 본 발명의 바람직한 실시 형태들의 하기의 보다 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도 1a 내지 도 1f는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 센서 시스템들을 갖는 콘택트 렌즈를 도시한다.

도 2a는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 2개의 눈들 사이의 동작을 동기화하기 위한 통신 채널을

갖는 2개의 안검 위치 센서들의 개략도를 도시한다.

도 2b는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 외부 디바이스와 통신하기 위한 통신 채널을 갖는 하나의 안검 위치 센서의 개략도를 도시한다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 실시 형태에 따른 의료 모니터링 방법들에 대한 흐름도들을 도시한다.

도 4는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 다양한 광 세기 수준들 대 시간에서 기록된 가능한 비자발적인 깜박임 패턴을 예시하는 눈의 표면에 입사되는 광 대 시간, 그리고 최대 광 세기 수준과 최소 광 세기 수준 사이의 어떤 지점에 기초한 사용가능한 임계치 수준을 나타내는 그래프를 도시한다.

도 5는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 안검 위치 센서 시스템의 상태 전이도이다.

도 6은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 수신된 광 신호들을 검출하고 샘플링하는 데 이용되는 광검출 경로의 개략도를 도시한다.

도 7은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 디지털 조절 논리의 블록도를 도시한다.

도 8은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 디지털 검출 논리의 블록도를 도시한다.

도 9는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 타이밍도를 도시한다.

도 10은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 디지털 시스템 제어기의 개략도를 도시한다.

도 11a 내지 도 11g는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 자동 이득 제어를 위한 타이밍도들을 도시한다.

도 12는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 집적 회로 다이 상의 광 차단 영역 및 광 통과 영역의 개략도를 도시한다.

도 13은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 급전식 콘택트 렌즈를 위한, 깜박임 검출기를 포함한 전자 삽입물의 개략도를 도시한다.

도 14a 및 도 14b는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 안검 위치 센서들의 개략도들을 도시한다.

도 15a는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 안검 위치를 검출하기 위해 콘택트 렌즈 내에 포함되는 전자 시스템의 개략도를 도시한다.

도 15b는 도 15a의 전자 시스템의 확대도를 도시한다.

도 16은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 안검 위치 센서들로부터의 출력들의 개략도를 도시한다.

도 17a는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 안검 위치를 검출하기 위해 콘택트 렌즈 내에 포함되는 다른 전자 시스템의 개략도를 도시한다.

도 17b는 도 17a의 전자 시스템의 확대도를 도시한다.

도 18a 내지 도 18c는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 안검 위치 검출 시스템의 개략도들을 도시한다.

도 18d는 도 18a 내지 도 18c의 전자 시스템의 확대도를 도시한다.

도 19a는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 콘택트 렌즈 내에 포함되는 동공 위치 및 눈모임 (convergence) 검출 시스템의 개략도를 도시한다.

도 19b는 도 19a의 동공 위치 및 눈모임 검출 시스템의 확대도이다.

도 19c는 눈 상의 X축, Y축 및 Z축의 오버레이(overlay)를 도시한다.

도 20은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 2개의 눈들 사이의 동작을 동기화하기 위한 통신 채널을 갖는 2개의 동공 위치 및 눈모임 센서들의 개략도를 도시한다.

도 21은 동공 눈모임과 초점 거리 사이의 상관관계의 플롯의 개략도를 도시한다.

도 22a는 우측을 주시하는 개인의 눈들의 개략 전방 사시도를 도시한다.

도 22b는 도 22a의 눈들의 개략 상부 사시도를 도시한다.

도 23은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 2차원에서의 다양한 시선 방향들과 연관된 기하학적 형상의 개략도를 도시한다.

도 24는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 눈 상에 위치설정된 제1 동공 직경 센서를 갖는 급전식 안과용 렌즈의 개략도를 도시한다.

도 25는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 눈 상에 위치설정된 제2 동공 직경 센서를 갖는 급전식 안과용 렌즈의 개략도를 도시한다.

도 26은 주변 광 및 동공 직경 대 시간의 일례의 플롯을 도시한다.

도 27은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 맥박 산소측정 구성요소들을 갖는 급전식 안과용 렌즈의 개략도를 도시한다.

도 28은 본 발명의 적어도 하나의 제2 실시 형태에 따른, 맥박 산소측정 구성요소들을 갖는 급전식 안과용 렌즈의 개략도를 도시한다.

도 29는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 삼입 센서 실시 형태의 블록도를 도시한다.

도 30은 다수의 센서들, 시스템 제어기 및 경보 메커니즘을 갖는 일반적 시스템의 블록도를 도시하는데, 여기서 본 발명에 따른 2개 이상의 센서들의 출력에 기초하여 활성화 결정이 이루어진다.

도 31은 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른, 센서 입력들에 기초하여 경보 메커니즘의 상태를 변경할지를 시스템 제어기가 결정하게 하는 방법의 흐름도를 도시한다.

도 32는 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 저장 박스의 블록도를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0027] 종래의 콘택트 렌즈는 위에서 간략하게 기재된 바와 같은 다양한 시력 문제를 교정하기 위해 특정 형상을 갖는 중합체 구조물이다. 향상된 기능을 달성하기 위해, 다양한 회로 및 구성요소들이 이들 중합체 구조물에 통합될 수 있다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 시력을 교정하기 위해서는 물론 시력을 향상시키는 것뿐만 아니라 부가의 기능을 제공하기 위해, 예를 들어, 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 디바이스, 전원, 센서, 발광 다이오드, 및 소형 안테나가 주문 제작된 광전자 구성요소를 통해 콘택트 렌즈에 통합될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈가 줌인 및 줌아웃 능력을 통해 또는 단순히 렌즈의 굴절 능력을 수정하는 것을 통해 향상된 시력을 제공하도록 설계될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈는, 색상 및 분해능을 향상시키도록, 텍스트 정보를 표시하도록, 음성을 실시간으로 캡션으로 변환하도록, 내비게이션 시스템으로부터 시각적 큐를 제공하도록, 그리고 이미지 처리 및 인터넷 접속을 제공하도록 설계될 수 있다. 렌즈는 착용자가 낮은 조명 조건에서 볼 수 있도록 설계될 수 있다. 적절히 설계된 전자기기 및/또는 렌즈 상에서의 전자기기의 배열은, 예를 들어 가변 초점 광학 렌즈 없이 망막 상으로 이미지를 투사하는 것을 허용할 수 있고, 새로운 이미지 디스플레이를 제공할 수 있고, 심지어 기상 경보(wakeup alert)를 제공할 수 있다. 또한, 렌즈에 설치된 센서는 주변 광 조건을 보상하기 위해, 또는 착용자가 원하는 의학적 상태인지 여부 및 깜박임 패턴을 판정하는데 사용하기 위해 눈에 입사되는 광을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0028] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태의 급전식 또는 전자 콘택트 렌즈는 전술된 시력 결함들 중 하나 이상을 가지고 있는 환자의 시력을 교정하고/하거나 향상시키거나 또는 유용한 안과용 기능을 달리 수행하기 위한 요소들을 갖거나 갖지 않은 채 착용자를 모니터링하는 데 필요한 요소들을 포함한다. 전자 콘택트 렌즈는 가변 초점 광학 렌즈, 콘택트 렌즈에 매설되어 있는 또는 임의의 적합한 기능을 위해 렌즈 없이 단지 전자기기를 간단히 매설하고 있는 조립된 전방 광학계를 가질 수 있다. 본 발명의 전자 렌즈는 전술된 바와 같이 임의의 개수의 콘택트 렌즈들 내에 포함될 수 있다. 더욱이, 안내 렌즈들은 또한 본 명세서에 기술된 다양한 구성요소들 및 기능을 포함할 수 있다. 그러나, 설명의 편의상, 본 발명은 일회용으로 매일 교체하도록 의도된 전자 콘택트 렌즈를 중점적으로 다룰 것이다.

[0029] 본 발명은 수행될 수 있는 임의의 개수의 많은 기능들을 구현하도록 구성된 가변 초점 광학계 또는 임의의 다른 디바이스 또는 디바이스들을 작동시키는 전자 시스템을 갖는 급전식 안과용 렌즈 또는 급전식 콘택트 렌즈에서 채용될 수 있다. 전자 시스템은 하나 이상의 배터리들 또는 다른 전원들, 전력 관리 회로, 하나 이상의

센서들, 클록 생성 회로, 제어 알고리즘들 및 회로, 및 렌즈 구동기 회로를 포함한다. 이들 구성요소의 복잡성은 렌즈의 요구되는 또는 원하는 기능에 따라 변할 수 있다. 대안적으로, 콘택트 렌즈는 적어도 하나의 실시 형태에서 착용자를 단지 모니터링할 수 있다.

[0030] 전자 또는 급전식 안과용 렌즈의 제어는 렌즈와 통신하는 수동 조작식 외부 디바이스, 예를 들어 핸드헬드 원격 유닛, 저장 용기, 또는 세정 박스를 통해 달성될 수 있다. 예를 들어, 포브(fob)가 착용자로부터의 수동 입력에 기초하여 급전식 렌즈와 무선으로 통신할 수 있다. 대안적으로, 급전식 안과용 렌즈의 제어는 착용자로부터의 직접적인 피드백 또는 제어 신호들을 통해 달성될 수 있다. 예를 들어, 렌즈에 설치된 센서는 깜박임, 깜박임 패턴, 안검 닫힘 및/또는 눈 움직임들을 검출할 수 있다. 깜박임들 및/또는 움직임의 시퀀스 또는 패턴에 기초하여, 급전식 안과용 렌즈는 동작 상태를 변경할 수 있다. 추가 대안에는 착용자가 급전식 안과용 렌즈의 동작을 제어하지 못하는 것이다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 렌즈 제어는 1) 의도 모니터링 세션 및/또는 프로토콜 시퀀스를 시작하고/하거나 2) 센서 데이터를 마킹 및/또는 저장하는 데 사용될 수 있다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 이러한 렌즈 제어들은 착용자(또는 사용자)로부터의 입력을 수신하기 위한 입력 수단의 예들이다.

[0031] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는 시스템 제어기(130)와 전기 통신 상태에 있는 적어도 하나의 센서(110)를 포함하여, 콘택트 렌즈의 착용자의 모니터링 및/또는 적어도 하나의 센서에 의해 검출된 의학적 질환이 발생할 때 착용자에게 경보를 발하는 것을 허용한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 도 1a 내지 도 1f에 도시된 바와 같이 콘택트 렌즈(100A 내지 100F)의 착용자를 모니터링하는 적어도 2개의 센서들(110', 120')(110, 120)이 있다. 본 발명에서 추가로 전개되는 바와 같은 센서들의 예들은 안검 위치 센서 시스템, 눈 움직임 센서 시스템, 동공 직경 센서, 바이오임피던스 센서, 맥박 산소측정기, 염도 센서, 바이오센서, 변형 및/또는 압력 센서들, 및 온도 센서를 포함한다.

[0032] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서의 시스템 제어기(130)는, 적어도 하나의 센서의 적어도 하나의 데이터 샘플을 비교하기 위한 적어도 하나의 미리 결정된 임계치를 사용하여, 의학적 질환이 발생했는지 여부를 판정한다. 다른 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 적어도 하나의 센서로부터의 일련의 데이터 샘플들 또는 대안적으로 하나의 데이터 샘플이 비교되는 적어도 하나의 문제 템플릿(또는 패턴)을 이용하여, 예를 들어 패턴 및/또는 임계치와의 매칭이, 문제 템플릿이 만족되는 결과 미만인지, 그를 초과하는지, 또는 충족되는지에 기초하여, 의학적 질환이 발생했는지 여부를 판정한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 문제 템플릿은 적어도 하나의 임계치만을 포함한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 임계치들 및 패턴들 둘 모두가 시스템 제어기(130)에 의해 사용된다. 도 1a에 도시된 바와 같은 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 임계치(들) 및/또는 템플릿(들)을 저장하는 데이터 저장소(132)와 전기 통신 상태에 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 복수의 문제 템플릿들이 패턴들과 임계치들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 데이터 저장소(132)의 예들은 메모리, 예컨대 영구 또는 비휘발성 메모리, 휘발성 메모리, 및 버퍼 메모리, 레지스터(들), 캐시(들), 프로그래머블 판독 전용 메모리(PROM), 및 플래시 메모리를 포함한다.

[0033] 도 1a의 시스템은 또한 시스템 제어기(130)로부터의 출력을 수신하는 경보 메커니즘(150)을 포함한다. 경보 메커니즘(150)은 시스템 제어기(130)로부터의 수신된 명령 신호에 기초하여 착용자에 대한 특정 경보를 구현하기 위한 임의의 적합한 디바이스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 데이터 샘플들의 세트가 문제 템플릿에 매칭되는 경우, 시스템 제어기(130)는 경보 메커니즘(150), 예컨대 광(또는 광 어레이)을 인에이블하여, 광을 펄스로 만들거나 또는 물리적 파를 착용자의 망막 내로 (또는 대안적으로 렌즈에 걸쳐) 펄스화하거나 또는 착용자의 상태에 관한 데이터를 로깅하도록 할 수 있다. 경보 메커니즘(150)의 다른 예는 전기 디바이스; 예를 들어, 압전 디바이스, 트랜스듀서, 진동 디바이스, 화학물질 방출 디바이스(예로서 가려움, 자극 또는 작열감을 야기하는 화학물질의 방출을 포함함), 및 음향 디바이스를 포함하는 기계 디바이스; 렌즈를 통한 광 투과의 백분율 및/또는 초점을 변형하는 것과 같이 콘택트 렌즈의 광학 구역의 광학 구역 변형을 제공하는 트랜스듀서; 자기 디바이스; 전자기 디바이스; 발열 디바이스; 예를 들어, 망막을 향해 광학 변형 및/또는 직사광을 제공하기 위한 광 튜브, 광섬유(fiber optics), 프리즘, 및/또는 액정을 갖거나 갖지 않는 광학 착색 메커니즘; 약한 망막 자극을 제공하기 위한 또는 각막의 하나 이상의 감각 신경들 및 각막 표면 중 적어도 하나를 자극하기 위한 전기 자극기와 같은 전기 디바이스; 또는 이들의 임의의 조합을 포함한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 경보 메커니즘(150)은 외부 디바이스로 경보를 전송한다. 경보 메커니즘(150)은 전원(180)으로부터의 전력에 더하여 시스템 제어기(130)로부터의 신호를 수신하고, 시스템 제어기(130)로부터의 신호에 기초하여 일부 작용을 생성한다. 예를 들어, 시스템 제어기(130)로부터의 출력 신호가 하나의 동작 상태 동안 발생하는 경우, 경보 메커니즘(150)은 의학적 질환이 발생한 것으로 착용자에게 경보를 발할 수 있다. 대안적인 실시 형태에서, 시스템 제어

기(130)에 의한 신호 출력이 다른 동작 상태 동안 발생하는 경우, 경보 메커니즘(150)은 나중 검색을 위해 메모리에 그 정보를 기록할 것이다. 또 다른 예시적인 대안 실시 형태에서, 신호는 경보 메커니즘(150)이 경보를 발하고 정보를 저장하게 할 것이다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 시스템 제어기(130)와 연관된 메모리(예컨대, 데이터 저장소(132))에 데이터를 저장하고, 경보 메커니즘(150)을 데이터 저장을 위해 사용하지 않고, 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 경보 메커니즘(150)은 도 1a 내지 도 1f의 예시된 실시 형태들로부터 생략된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시간 스탬프를 제공할 수 있는 도 1d의 타이밍 회로(140)와 같은 클록이 있다. 위에서 기재된 바와 같이, 본 발명의 급전식 렌즈는 다양한 기능을 제공할 수 있고, 따라서, 하나 이상의 경보 메커니즘들이 기능을 구현하도록 다양하게 구성될 수 있다.

[0034] 도 1a는 또한 시스템 내의 많은 구성요소들에 전력을 공급하는 전원(180)을 도시한다. 전력은 배터리, 에너지 하베스터(energy harvester), 또는 당업자에게 공지된 바와 같은 다른 적합한 수단으로부터 공급될 수 있다. 본질적으로, 임의의 유형의 전원(180)이 시스템의 모든 다른 구성요소들에 신뢰성 있는 전력을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 통신 기능은 시간 신호에 대한 수신기로서 작용하는 에너지 하베스터에 의해 제공되는데, 예를 들어, 대안적인 실시 형태에서, 에너지 하베스터는 태양 전지 또는 무선 주파수(RF) 수신기이고, 이는 전력 및 시간-기반 신호(또는 표시) 둘 모두를 수신한다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 에너지 하베스터는, RFID와 같은 데이터에 더하여 전력이 전송되는 유도 충전기이다. 이러한 대안적인 실시 형태들 중 하나 이상에서, 시간 신호는 회수된 에너지에 내재적일 수 있는데, 예를 들어 유도 충전 또는 조명에서  $N \times 60$  Hz이다.

[0035] 도 1b에 도시된 바와 같은 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 적어도 하나의 센서(110/120)로부터의 데이터 샘플들을 저장하기 위한 레지스터(134)를 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 의학적 질환을 모니터링하는 데 사용되는 콘택트 렌즈 상에 존재하는 각각의 센서에 대한 개별 레지스터가 있다. 또 다른 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈 상에 존재하는 각각의 센서에 대한 개별 레지스터가 있다. 적어도 하나의 실시 형태에서의 레지스터의 사용은, 마스크를 갖거나 갖지 않고서 데이터와 문제 템플릿의 비교를 허용한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 다른 데이터 저장소가 레지스터(들) 대신에 사용된다. 대안적인 실시 형태에서, 레지스터(134)는 데이터 저장소(132)의 일부이다.

[0036] 도 1b는 또한 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에 따른 의료 모니터링 시스템을 도시한다. 예시된 시스템은 안검 위치 센서 시스템(110), 눈 움직임 센서 시스템(120), 시스템 제어기(130) 및 경보 메커니즘(150)을 갖는 콘택트 렌즈(100B)를 포함한다. 센서 시스템들(110, 120)은 시스템 제어기(130)와 전기 통신 상태에 있는데, 시스템 제어기는 이어서 경보 메커니즘(150)과 전기 통신 상태에 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 경보 메커니즘(150)은 메모리에 접속된 누산기를 포함한다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 경보 메커니즘(150)은 시스템 제어기(130)와 통합된다. 도 1b는 또한, 적어도 하나의 실시 형태에서, 시스템의 다른 구성요소들에 전력을 공급하는 전원(180)을 도시한다. 도 1b는 나중에 논의되는 선택적인 리소스 관리 시스템(160)을 도시한다.

[0037] 도 1c는 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에 따른 콘택트 렌즈(100C)를 블록도 형태로 도시한다. 예시된 실시 형태에서, 콘택트 렌즈(100C)는 안검 위치 시스템(110), 눈 움직임 센서 시스템(120), 시스템 제어기(130), 경보 메커니즘(150), 및 전원(180)을 포함한다.

[0038] 도 1c의 예시된 안검 위치 센서 시스템(110)은 신호 처리 구성요소(들)와 전기 통신 상태에 있는 적어도 하나의 센서를 포함한다. 적어도 하나의 센서는 안검 단합의 검출을 허용하고, 본 발명에서 나중에 논의되는 바와 같이 다양한 형태들을 취할 수 있다. 예시된 안검 위치 시스템(110)은 광센서(112), 증폭기(114), 아날로그-디지털 변환기(또는 ADC)(116), 및 디지털 신호 프로세서(118)를 포함한다.

[0039] 도 1c의 예시된 눈 움직임 센서 시스템(120)은 신호 프로세서와 전기 통신 상태에 있는 적어도 하나의 센서를 포함한다. 적어도 하나의 센서는 본 발명에서 나중에 논의되는 바와 같이 다양한 형태들을 취할 수 있다. 예들은 가속도계 및 트랜스듀서를 포함한다. 예시된 눈 움직임 센서 시스템(120)은 센서(122) 및 신호 프로세서(124), 예컨대 획득 샘플링 신호 조절기를 포함한다.

[0040] 예시적인 대안 실시 형태에서, 시스템 제어기를 수용하는 집적 회로 또는 다른 전기 구성요소는 또한 2개의 센서 시스템들의 신호 처리를 수용한다.

[0041] 콘택트 렌즈(100C)가 사용자의 눈의 전방 표면 상에 배치될 때, 깜박임 검출기 시스템의 전자 회로가 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 깜박임 검출을 구현하는 데 이용될 수 있다. 광센서(112)뿐만 아니라 다른 회로

가 사용자의 눈에 의해 생성되는 깜박임들, 다양한 깜박임 패턴들, 및/또는 안검 단힘의 수준을 검출하도록 구성된다.

[0042] 이 예시적인 실시 형태에서, 광센서(112)는 콘택트 렌즈(100C) 내에 매설될 수 있고, 주변 광(141)을 수신하여, 입사 광자들을 전자들로 변환하고, 이에 의해 화살표(113)로 표시된 전류가 증폭기(114) 내로 흐르게 한다. 광센서 또는 광검출기(112)는 임의의 적합한 디바이스를 포함할 수 있다. 일 예시적인 실시 형태에서, 광센서(112)는 광다이오드를 포함한다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 광다이오드는 집적 능력을 향상시키고 광센서(112) 및 다른 회로의 전체 크기를 감소시키기 위해 상보성 금속-산화물 반도체(CMOS 공정 기술)에서 구현된다. 전류(113)는 입사광 수준에 비례하고, 광검출기(112)가 안검에 의해 덮일 때 상당히 감소된다. 증폭기(114)는 이득에 의해 입력에 비례하는 출력을 생성하고, 입력 전류를 출력 전압으로 변환하는 트랜스임피던스 증폭기(transimpedance amplifier)로서 기능할 수 있다. 증폭기(114)는 신호를 시스템의 나머지에 대한 사용가능 수준으로 증폭할 수 있는데, 예컨대 ADC(116)에 의해 획득될 충분한 전압 및 전력을 신호에 제공한다. 예를 들어, 증폭기(114)는 후속하는 블록들을 구동하는 데 필요할 수 있는데, 그 이유는 광센서(112)의 출력이 아주 작을 수 있고 낮은 조명 환경에서 사용될 수 있기 때문이다. 증폭기(114)는 가변 이득 증폭기로서 구현될 수 있고, 그의 이득은 피드백 배열에서 시스템의 동작 범위를 최대화하기 위해 시스템 제어기(130)에 의해 조정될 수 있다. 이득을 제공하는 것에 더하여, 증폭기(114)는 광센서(112) 및 증폭기(114) 출력에 적절한 필터링 및 다른 회로와 같은 다른 아날로그 신호 조절 회로를 포함할 수 있다. 증폭기(114)는 광센서(112)에 의해 출력되는 신호를 증폭하고 조절하기 위한 임의의 적합한 디바이스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 증폭기(114)는 단일 연산 증폭기를 포함할 수 있거나, 하나 이상의 연산 증폭기를 갖는 보다 복잡한 회로를 포함할 수 있다. 광센서(112)는 광다이오드들의 전환가능한 어레이일 수 있고, 증폭기(114)는 적분기일 수 있다. 위에서 기재된 바와 같이, 광센서(112) 및 증폭기(114)는 눈을 통해 수신되는 입사광 세기에 기초하여 깜박임 시퀀스를 검출하고 분리시키도록 그리고 입력 전류를 궁극적으로 시스템 제어기(130)에 의해 사용가능한 디지털 신호로 변환하도록 구성된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 다양한 광 세기 수준 조건들에서 다양한 깜박임 시퀀스들, 깜박임 패턴들, 및/또는 안검 단힘들(부분적 또는 완전)을 인식하도록 그리고 콘택트 렌즈의 적절한 제어 및/또는 적절한 출력 신호를 정보 메커니즘(150)에 제공하도록 사전 프로그래밍되거나 사전 구성된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 또한 관련 메모리를 포함한다.

[0043] 이 예시적인 실시 형태에서, ADC(116)는 증폭기(114)로부터 출력되는 연속적인 아날로그 신호를 추가의 신호 처리에 적절한 샘플링된 디지털 신호로 변환하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, ADC(116)는 증폭기(114)로부터 출력되는 아날로그 신호를 디지털 신호 프로세서(118)와 같은 후속 또는 하류측 회로들에 의해 사용가능할 수 있는 디지털 신호로 변환할 수 있다. 디지털 신호 프로세서(118)는 하류측 사용을 위한 입사광 검출을 허용하기 위해 샘플링된 데이터의 필터링, 처리, 검출, 및 다른 방식으로의 조작/처리 중 하나 이상을 포함한 디지털 신호 처리에 이용될 수 있다. 디지털 신호 프로세서(118)는 장기적인 안검 단힘 또는 안검 추이를 나타내는 깜박임 시퀀스와 함께 전송된 깜박임 시퀀스들 및/또는 깜박임 패턴들에 의해 사전 프로그래밍될 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 디지털 신호 프로세서(118)는 또한 관련 메모리를 포함하는데, 관련 메모리는 적어도 하나의 실시 형태에서, 예를 들어, 시스템 제어기(130)에 의해 선택되는 바와 같은 각각의 동작 상태에 대한 깜박임 패턴들을 검출하기 위해 템플릿 및 마스크 세트들을 저장한다. 디지털 신호 프로세서(118)는 아날로그 회로, 디지털 회로, 소프트웨어, 또는 이들의 조합을 이용하여 구현될 수 있다. 예시된 실시 형태에서, 이는 디지털 회로로 구현된다. ADC(116)는, 관련 증폭기(114) 및 디지털 신호 프로세서(118)와 함께, 이전에 기술된 샘플링 레이트와 부합하는 적합한 속도로, 예를 들어 100 ms마다 활성화되는데, 이는 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 조정된다.

[0044] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 눈 및 보다 구체적으로는 동공의 움직임의 검출을 허용하는 임의의 적합한 디바이스가 센서(122)로서 이용될 수 있고, 하나 초과와 센서(122)가 이용될 수 있다. 센서(122)의 출력은 신호 프로세서(124)에 의해 획득, 샘플링, 및 조절된다. 신호 프로세서(124)는 증폭기, 트랜스임피던스 증폭기, 아날로그-디지털 변환기, 필터, 디지털 신호 프로세서, 및 센서(122)로부터 데이터를 수신하고 시스템의 나머지에 적합한 포맷으로 출력을 발생시키는 관련 회로를 비롯한 임의의 개수의 디바이스들을 포함할 수 있다. 신호 프로세서(124)는 아날로그 회로, 디지털 회로, 소프트웨어 및/또는 이들의 조합을 이용하여 구현될 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 신호 프로세서(124)는 센서(122)와 함께 공동 설계되는데, 예를 들어, 가속도계의 획득 및 조절을 위한 회로는 근육 활동 센서 또는 광학 동공 추적기를 위한 회로와는 상이하다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 신호 프로세서(124)의 출력은 샘플링된 디지털 스트림이고, 절대 또는 상대 위치, 움직임, 눈모임과 일치하는 검출된 시선, 또는 다른 데이터를 포함할 수 있다. 시스템 제어기(130)는 위치 신호 프로세서(124)로부터 입력을 수신하고, 안검 위치 센서 시스템으로부터의 입력과 함께 이 정

보를 사용하여 착용자를 모니터링한다.

- [0045] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 신호 프로세서들(118, 124)은 하나의 신호 프로세서로 조합된다(또는 하나의 신호 프로세서로서 제조된다).
- [0046] 또한, 시스템 제어기(130)는 디지털 신호 프로세서(118) 및/또는 신호 프로세서(124)로부터의 입력에 따라 급전식 콘택트 렌즈의 다른 태양들을 제어할 수 있는데, 예를 들어 액추에이터를 통해 전자적으로 제어되는 렌즈의 초점 또는 굴절력을 변경할 수 있다.
- [0047] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(130)는 수신된 깜박임 패턴에 기초하여 렌즈의 동작 상태를 결정하여, 예를 들어, 모니터링을 개시 또는 종료할 것이지만, 대안적인 실시 형태에서 다른 동작 상태들이 동시에 또는 별도로 가능하다. 이 실시 형태에 추가하여 또는 대안적으로, 동작 상태는 시스템 제어기(130)로부터의 출력이 착용자가 의학적 질환을 가짐을 검출하는 것에 응답하여 경보 메커니즘(150)이 행하는 것의 제어와 함께 그 동작 상태에서 디지털 신호 프로세서(118)에 의해 사용될 템플릿들 및 마스크들의 세트를 결정할 것이다.
- [0048] 시스템 제어기(130)는 샘플링된 광 수준을 깜박임 활성화 패턴들과 비교하고/하거나 안검 단합을 결정하기 위해 광센서 체인, 즉 광센서(112), 증폭기(114), ADC(116) 및 디지털 신호 처리 시스템(118)으로부터의 신호를 사용한다.
- [0049] 도 1d는 콘택트 렌즈(100D)가 타이밍 회로(140)를 추가로 포함하는 도 1a에 도시된 시스템을 도시한다. 타이밍 회로(140)는 클록 신호를 요구하는 콘택트 렌즈 상의 전자 구성요소들의 동작을 위한 클록 신호를 제공한다. 타이밍 회로(140)는 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 시간의 경과를 추적하기 위한 누산기(142)를 포함한다. 누산기의 일례는 카운터로서 작용하는 레지스터이다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 누산기(142)는 알람이 착용자에게 제공될 미래의 시간에 근사하는 값으로 설정되고, 그 값으로부터 아래로 역으로 카운트할 때 동작하는데, 이는 시스템 제어기(130)가 경보 신호를 전송하는 시기를 결정하기 위해 관독값을 0과 비교하는 것을 수행하게 한다. 예시적인 대안 실시 형태들에서, 도 1e의 콘택트 렌즈(100E)에 도시된 바와 같은 타이밍 회로(140)는, 수정(crystal), 예를 들어 석영을 갖는 발진기(144), 저항기-커패시터(RC), 인덕터-커패시터(LC), 및/또는 이완 회로를 포함할 수 있다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 발진기 주파수는 커패시터들의 선택가능한 어레이를 포함하는 가변 커패시터, 버랙터 다이오드(varactor diode), 및/또는 가변 저항기에 의해 유지된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 발진기와 전기 통신 상태에 있는 레지스터가 조정되고, 이어서 레지스터의 내용물이 가변 구성요소들의 조정을 제공하도록 디코딩되어, 발진기 주파수의 조정으로 이어진다.
- [0050] 도 1f는 콘택트 렌즈(100F)가 통신 회로(170)를 추가로 포함하는 도 1a에 도시된 시스템을 도시한다. 통신 회로(170)는 시스템 제어기(130)와 다른 콘택트 렌즈(예를 들어, 도 2a와 관련하여 논의되는 바와 같음) 및/또는 외부 디바이스(예를 들어, 도 2b와 관련하여 논의되는 바와 같음) 사이의 통신을 용이하게 한다. 외부 디바이스의 예들은 포브, 셀룰러 전화기, 스마트폰, 스마트워치, 컴퓨터, 및 태블릿을 포함한 모바일 컴퓨팅 디바이스를 포함한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 통신 회로(170)는 안테나 및 수신기를 포함한다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 통신 회로(170)는 수신기에 더하여 송신기 또는 송수신기를 포함할 수 있다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 통신 회로(170)는 무선 주파수(예컨대, 블루투스, ANT, 또는 커스텀 프로토콜(custom protocol)), 음파, 초음파, 및 광을 통한 통신을 용이하게 한다. 하나의 가능한 음파/초음파 접근법은 스피커(예컨대, 스마트폰 내의 내장 스피커)를 사용하여 오디오 신호를 트랜스듀서 또는 렌즈 상의 다른 수신기를 향해 제공하는 것일 것이다. 포브 이외의 하나의 가능한 광 접근법은 디스플레이(예컨대, 스마트폰 디스플레이, 태블릿 디스플레이, 컴퓨터 디스플레이, 또는 텔레비전)를 사용하여 렌즈가 수신할 데이터를 포함하는 서브리미널 플래시(subliminal flash)를 도입하는 것이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 통신 회로(170) 및/또는 안검 위치 센서 시스템은 사용자 입력의 예들인데, 이는 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 데이터를 저장하고/하거나 데이터를 마킹하도록 시스템 제어기(130)를 트리거하는 데 사용된다.
- [0051] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 타이밍 회로(140), 리소스 관리 시스템(160), 및 통신 회로(170)는, 적어도 하나의 센서를 포함한 다른 요소들과의 상이한 조합들로 그리고 서로 상이한 조합들로 사용된다.
- [0052] 도 2a는 두 눈(280)이 콘택트 렌즈들(200)로 적어도 부분적으로 덮여 있는 시스템을 도시한다. 이후에 도 14a 내지 도 15b 및 도 17a 내지 도 18b에 관하여 기술되는 바와 같이, 안검 위치를 결정하기 위해 양쪽 콘택트 렌즈들(200)에 센서 어레이들(210)이 존재한다. 이러한 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈들(200) 각각은, 도 1f에서의 통신 회로(170)의 일례인 전자 통신 구성요소(270)를 포함한다. 각각의 콘택트 렌즈(200)에서의 전자

통신 구성요소(270)는 콘택트 렌즈들(200) 사이에서 양방향 통신이 발생하는 것을 허용한다. 전자 통신 구성요소들(270)은 송신기들, 수신기들, RF 송수신기들, 안테나들, 센서 어레이들(210)을 포함하는 광센서들(212)에 대한 인터페이스 회로, 및 관련 또는 유사 전자 구성요소들을 포함할 수 있다. 라인(275)에 의해 나타내지는 통신 채널은 콘택트 렌즈들(200) 사이의 효과적인 통신을 허용하기 위한 적절한 데이터 프로토콜에 의해 적절한 주파수 및 전력에서 RF 전송들을 포함할 수 있다. 2개의 콘택트 렌즈들(200) 사이의 데이터의 전송은, 예를 들어, 링크 또는 비자발적인 깜박임보다는 오히려 진정한 의도적인 깜박임을 검출하기 위해 양쪽 안검들이 닫혀 있는 것을 검증할 수 있다. 전송은 또한, 시스템이, 양쪽 안검들이 유사한 양, 예를 들어, 근거리에서의 사용자 관독과 연관되는 것만큼 닫혀 있는지; 동공들이 실질적으로 동일한 크기인지; 그리고/또는 눈들의 시선 방향을 판정하게 할 수 있다. 외부 디바이스(290), 예를 들어, 안경 유리, 또는 예를 들어 도 2b에 도시된 바와 같은 스마트폰(또는 다른 프로세서 기반 시스템) 내의 통신 구성요소(292)로부터 그리고/또는 이로의 데이터 전송(275)이 또한 발생할 수 있다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 전자 통신 구성요소들(270)은, 예를 들어, 통신 구성요소(292)를 갖는 스마트폰(또는 다른 외부 디바이스)(290)으로 데이터의 송신 및 이로부터의 응답을 수신하는 것을 허용한다. 그와 같이, 전자 통신 구성요소들(270)은 적어도 하나의 대안적인 실시 형태에서 단지 하나의 렌즈 상에 존재할 수 있다.

[0053] 도 3a 및 도 3b는 급전식 안과용 렌즈로 의료 모니터링하기 위한 방법들을 예시하는 흐름도들이다. 본 발명에서 논의되는 바와 같이, 급전식 안과용 렌즈를 활성화하기 위한 다양한 방식들이 있다(302). 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시간을 제공하는 타이밍 회로가 존재하지 않을 때 그리고 급전식 안과용 렌즈의 활성화에 응답하여, 시간의 경과를 추적하기 위해 렌즈 상의 누산기가 개시된다(304). 시스템 제어기는 제1 샘플링 레이트로 적어도 하나의 센서를 모니터링한다(306). 시스템 제어기는 센서 출력(들)이 임계치를 초과하는지/패턴에 매칭되는지를 판정한다(308). 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 임계치를 초과하거나 패턴에 매칭될 때, 이것은 의학적 질환이 발생했다는 표시이고, 시스템 제어기는 신호를 경보 메커니즘으로 전송한다(310). 그렇지 않으면, 센서는 계속 모니터링된다. 도 3a는 경보 메커니즘이 알람을 활성화하게 하는 것(312)으로 계속된다. 알람의 예들은 본 발명에서 앞서 논의된 바와 같다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 알람은 본 방법이 착용자의 추가 모니터링으로 복귀하는 동안 계속된다. 대안적인 실시 형태에서, 알람 단계는 중지하라는 명령어 및/또는 의학적 질환이 가라앉았다는 판정을 수신할 때까지 계속된다.

[0054] 도 3b는 도 3a의 방법과 동일하지만, 경보 메커니즘이 의학적 질환에 관한 데이터를 저장하게 하는 것(312')으로 계속된다. 데이터를 저장하는 예들은, 현재 센서 데이터를 기록하는 것, 현재 및 최신 센서 데이터를 포함하는 버퍼 또는 레지스터의 내용물을 저장하는 것, 및 임계치가 조정가능한 경우 임계값을 저장하는 것을 포함한다. 데이터를 저장하는 것은, 예를 들어 누산기 또는 타이밍 회로로부터의 시간 스탬프를 갖거나 갖지 않을 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 본 방법은 착용자의 추가 모니터링으로 복귀한다.

[0055] 예시적인 대안 실시 형태에서, 패턴은 의학적 질환이 막 시작하려고 하는 시기를 예측하는 데 사용되어, 의학적 질환 전조의 착용자에게 경보를 제공하여, 착용자가 의학적 질환 발생 이전에 적절한 조치를 취하게 할 수 있다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 경보는 다른 디바이스로 제공될 것이다. 이것이 유용한 일례는, 착용자가 경련(seizure)을 겪고 있는 경우에, 알람이, 미리 결정된 위치에 들어가거나, 구강 기구(mouth implement)를 삽입하거나, 인근의 누군가에게 알리거나, 또는 달리 작용하여 경련 동안 그 또는 그녀 자신을 더 잘 보호하기 위한 시간을 그 사람에게 주는 상황이다.

[0056] 도 3c는 급전식 안과용 렌즈로 의료 모니터링하기 위한 대안적인 방법을 예시한다. 본 발명에서 논의되는 바와 같이, 급전식 안과용 렌즈를 활성화하기 위한 다양한 방식들이 있다(302). 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시간을 제공하는 타이밍 회로가 존재하지 않을 때 그리고 급전식 안과용 렌즈의 활성화에 응답하여, 시간의 경과를 추적하기 위해 렌즈 상의 누산기가 개시된다(304). 시스템 제어기는 제1 샘플링 레이트로 적어도 하나의 센서를 모니터링한다(306). 시스템 제어기는 버퍼(들) 내의 적어도 하나의 센서로부터의 판독값을 저장한다(328). 시스템 제어기는, 마킹 명령어를 수신할 시에(330), 시간 스탬프와 함께 경보 메커니즘을 사용하거나 사용하지 않은 채 데이터 저장소에 버퍼(들)의 내용물을 복사한다(332). 시간 스탬프는, 예를 들어, 누산기 또는 타이밍 회로로부터 획득될 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 본 방법은 적어도 하나의 센서의 추가 모니터링으로 복귀한다.

[0057] 본 발명에 기초하여, 이러한 방법들 중 임의의 것이, 예를 들어, 착용자, 리소스 관리 시스템 등으로부터의 명령어에 기초한 종료 단계를 추가로 포함할 수 있음을 이해해야 한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 누산기의 제한은 특정 구현예에 대해 시간 스탬프들이 요구되지 않을 때 생략된다.

[0058] 도 4를 참조하면, 다양한 광 세기 수준들에서 기록된 깜박임 패턴 샘플들 대 시간, 그리고 사용가능한 임계치 수준을 나타내는 그래프가 도시되어 있다. 따라서, 상이한 위치들에서 그리고/또는 다양한 활동들을 수행하는 동안 광 세기 수준의 변화를 고려하는 것과 같이 다양한 인자들을 고려하는 것은, 눈에 입사되는 광을 샘플링할 때 깜박임의 검출에서의 오차를 완화 및/또는 방지할 수 있다. 부가적으로, 눈에 입사되는 광을 샘플링할 때, 저세기 광 수준에서 그리고 고세기 광 수준에서 안검이 닫힐 때 안검이 가시광을 얼마나 많이 차단하는지와 같이 주변광 세기의 변화가 눈 및 안검에 미칠 수 있는 효과를 고려하는 것이 또한 깜박임의 검출에서의 오차를 완화 및/또는 방지할 수 있거나, 또는 시험 프로토콜의 일부로서 사용될 수 있다. 다시 말하면, 잘못된 깜박임 패턴들이 제어에 이용되는 것을 방지하기 위해, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 바람직하게는 주변광의 수준이 고려된다.

[0059] 예를 들어, 연구에서, 안검이 평균적으로 가시광의 대략 99%를 차단하지만, 보다 낮은 파장에서는 보다 적은 광이 안검을 통해 투과되는 경향이 있어 가시광의 대략 99.6%를 차단한다는 것이 밝혀졌다. 스펙트럼의 적외선 부분을 향한 보다 긴 파장에서, 안검은 단지 입사광의 30%만을 차단할 수 있다. 그러나, 주목할 중요한 것은, 상이한 주파수, 파장 및 세기의 광이 상이한 효율로 안검을 통해 투과될 수 있다는 것이다. 예를 들어, 밝은 광원을 볼 때, 사람은 그의 또는 그녀의 안검이 닫혀 있는 상태로 적색광을 볼 수 있다. 또한, 사람에 따라, 예를 들어 사람의 피부 색소침착에 따라 안검이 가시광을 얼마나 많이 차단하는지에서의 변동이 있을 수 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 70초 시간 간격 동안 다양한 조명 수준들에 걸친 깜박임 패턴들의 데이터 샘플들이 시뮬레이팅되는데, 여기서 시뮬레이션 동안 눈을 통해 투과되는 가시광 세기 수준들이 기록되고, 사용가능한 임계값이 예시되어 있다. 임계치는, 가변하는 광 세기 수준들에서의 시뮬레이션 동안에 걸친 샘플 깜박임 패턴들에 대해 기록된 가시광 세기의 피크 대 피크 값 사이의 값으로 설정된다. 시간 경과에 따라 평균 광 수준을 추적하고 임계치를 조정하면서 깜박임 패턴을 사전 프로그래밍하는 능력을 갖는 것은, 사람이 깜박거리지 않고/않거나 소정의 영역에서 광 세기 수준의 변화만이 있을 때와는 달리, 사람이 깜박거리고 있을 때를 검출할 수 있는 것에 결정적일 수 있다.

[0060] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기는 깜박임 검출 방법을 이용하여, 깜박임들의 특징들, 예를 들어, 안검이 열리거나 또는 닫히는 경우, 깜박임의 지속기간, 깜박임 간 지속기간, 및 주어진 기간 내의 깜박임들의 수를 검출한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 깜박임 검출 방법은 소정의 샘플 레이트로 눈에 입사되는 샘플링 광에 의존한다. 미리 결정된 깜박임 패턴들이 저장되고, 입사광 샘플들의 최신 이력과 비교된다. 패턴들이 매칭될 때, 깜박임 검출 방법은 시스템 제어기에서의 활동을 트리거하여, 예를 들어, 시험을 개시, 모니터링 세션을 개시, 데이터를 마킹 및/또는 저장, 및/또는 렌즈의 동작을 변경할 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 깜박임 검출 방법은 추가로, 의학적 질환, 졸음, 수면 시작, 또는 수면과 연관된 안검 움직임들과 미리 결정된 깜박임 패턴들 사이를 구별한다.

[0061] 깜박임은 안검의 빠른 닫힘 및 열림이고, 눈의 본질적인 기능이다. 깜박임은 눈을 이물질로부터 보호하는데, 예를 들어, 사람은 물체가 예기치 않게 눈에 근접하여 나타날 때 눈을 깜박인다. 깜박임은 누액을 확산시킴으로써 눈의 전방 표면에 걸쳐 유통을 제공한다. 깜박임은 또한 눈으로부터 오염물 및/또는 자극물을 제거하는 역할을 한다. 보통, 깜박임은 자동으로 행해지지만, 자극물에 의한 경우에서처럼 외부 자극이 원인이 될 수 있다. 자발적인 깜박임은 사람의 기능이고, 환경이 변하지 않으면 일정하게 유지된다. 평균적으로 사람은 분당 12 내지 15회로 깜박인다. 그러나, 흥분할 때, 깜박임은 지루해질 때 깜박이는 것처럼 증가된다. 역으로, 집중하고 있을 때, 사람의 깜박임 속도는 실질적으로 감소된다. 사람들은 또한 깜박임 반사(blink reflex); 즉, 촉각 반사, 광학 또는 눈부심 반사, 청각 반사 및 위협 반사를 갖는다. 이러한 깜박임 반사들은 이후에 추가로 논의된다. 그러나, 깜박임이 또한 의도적일 수 있는데, 예를 들어, 말로 또는 제스처로 의사 소통을 할 수 없는 사람이 "예"에 대해 한번 깜박거리고 "아니오"에 대해 두번 깜박거릴 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태의 깜박임 검출 방법 및 시스템은 보통의 깜박임 반응과 혼동될 수 없는 깜박임 패턴들을 이용한다. 다시 말하면, 깜박임이 작용을 제어하는 수단으로서 이용되는 경우, 주어진 작용에 대해 선택된 특징의 패턴이 랜덤하게 일어날 수 없으며, 그렇지 않은 경우, 의도하지 않은 작용이 일어날 수 있다. 깜박임 속도 및/또는 빈도가 피로, 집중력, 지루함, 눈 부상, 약물 및 질병을 비롯한 다수의 인자들에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에, 제어 목적을 위한 깜박임 패턴들은 바람직하게는 이들 및 깜박임에 영향을 미치는 임의의 다른 변수들을 고려한다. 비자발적인 깜박임의 평균 길이는 약 100 내지 400 밀리초의 범위에 있다. 평균적인 성인 남성 및 여성은 분당 10번의 비자발적인 깜박임의 속도로 눈을 깜박이고, 비자발적인 깜박임들 사이의 평균 시간은 약 0.3 내지 70초이다. 안검이 일정 기간에 걸쳐 닫히려는 일반적인 경향을 갖거나 또는 작용자가 잠자고 있음을 나타내는 기간 동안 닫혀 있기 때문에, 안검 움직임은 또한 졸음과 같은 다른 조건들을 나타낼 수 있다.

- [0062] 깜박임 검출 방법의 예시적인 실시 형태는 하기 단계들로 요약될 수 있다.
- [0063] 1. 수면 시작을 나타내거나 또는 양성 깜박임 검출을 위해 사용자가 실행하게 될 의도적인 "깜박임 시퀀스"를 정의한다.
- [0064] 2. 깜박임 시퀀스의 검출 및 비자발적인 깜박임의 거부와 일치하는 속도로 들어오는 광 수준을 샘플링한다.
- [0065] 3. 샘플링된 광 수준의 이력을 깜박임 템플릿 값에 의해 정의되는 바와 같은 예상된 "깜박임 시퀀스"와 비교한다.
- [0066] 4. 선택적으로, 비교 동안, 예컨대, 전이 근방에서 무시될 템플릿의 부분을 나타내도록 깜박임 "마스크" 시퀀스를 구현한다. 이는 사용자가 +1 또는 -1 오차 윈도우(error window)와 같이 원하는 "깜박임 시퀀스"로부터 벗어나게 할 수 있으며, 여기서 렌즈 활성화, 제어 및 초점 변화 중 하나 이상이 일어날 수 있다. 부가적으로, 이는 사용자의 깜박임 시퀀스의 타이밍에서의 변동을 허용할 수 있다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 패턴들 및 마스크들의 개념은, 문제 패턴들 및 마스크들을 사용하여 의학적 질환을 검출하기 위해 다른 센서 데이터에 적용된다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 패턴은, 적어도 하나의 실시 형태에서 적어도 하나의 임계치를 포함하는 템플릿이다.
- [0067] 깜박임 시퀀스는 다음과 같이 정의될 수 있다:
- [0068] 1. 0.5초 동안 깜박임(단혀 있음)
- [0069] 2. 0.5초 동안 열려 있음
- [0070] 3. 0.5초 동안 깜박임(단혀 있음)
- [0071] 100 ms 샘플 레이트에서, 20-샘플 깜박임 템플릿이 다음과 같이 주어진다:
- [0072]  $\text{blink\_template} = [1,1,1, 0,0,0,0,0, 1,1,1,1,1, 0,0,0,0,0, 1,1]$ .
- [0073] 전이 직후에 샘플들을 마스킹 은폐하기 위해(0은 샘플을 마스킹 은폐 또는 무시함) 깜박임 마스크가 정의되고, 다음과 같이 주어진다:
- [0074]  $\text{blink\_mask} = [1,1,1, 0,1,1,1,1, 0,1,1,1,1, 0,1,1,1,1, 0,1]$ .
- [0075] 선택적으로, 보다 많은 타이밍 불확실성(timing uncertainty)을 허용하기 위해 보다 넓은 전이 영역이 마스킹 은폐될 수 있고, 다음과 같이 주어진다:
- [0076]  $\text{blink\_mask} = [1,1,0, 0,1,1,1,0, 0,1,1,1,0, 0,1,1,1,0, 0,1]$ .
- [0077] 다음과 같이 주어지는 대안의 패턴들, 예컨대 하나의 긴 깜박임, 이 경우에 24-샘플 템플릿을 갖는 1.5초 깜박임이 구현될 수 있다:
- [0078]  $\text{blink\_template} = [1,1,1,1,0,0, 0,0,0,0,0,0, 0,0,0,0,0,0, 0,1,1,1,1,1]$ .
- [0079] 다음과 같이 주어지는 수면의 표시로서의 추가 대안의 패턴, 이 경우에 24-샘플 템플릿을 갖는 2.4초 깜박임(또는 수면 동안 닫혀 있는 눈)이 구현될 수 있다:
- [0080]  $\text{blink\_template} = [0,0,0,0,0,0, 0,0,0,0,0,0, 0,0,0,0,0,0, 0,0,0,0,0,0]$ .
- [0081] 대안적인 실시 형태에서, 이러한  $\text{blink\_template}$ 는  $\text{blink\_mask}$  없이 사용된다.
- [0082] 상기 예들은 예시의 목적을 위한 것이고 특정 세트의 데이터를 나타내지 않는다는 것에 주목하는 것이 중요하다.
- [0083] 샘플의 이력을 템플릿 및 마스크에 대해 논리적으로 비교함으로써 검출이 구현될 수 있다. 논리 연산은 템플릿과 샘플 이력 시퀀스를 비트 기준으로 배타적-OR(XOR)하고 이어서 모든 마스킹되지 않은 이력 비트가 템플릿과 매칭되는 것을 검증하는 것이다. 예를 들어, 상기 마스크 샘플에서 예시된 바와 같이, 값이 논리 1인 마스크의 시퀀스의 각각의 위치에서, 깜박임(또는 센서 상태)은 시퀀스의 그 위치에 있는 마스크 템플릿과 매칭되어야 한다. 그러나, 값이 논리 0인 마스크의 시퀀스의 각각의 위치에서, 깜박임(또는 다른 센서 상태)이 시퀀스의 그 위치에 있는 마스크 템플릿과 매칭될 필요는 없다. 예를 들어, 매트랩(MATLAB)®(미국 매사추세츠주 나티크 소재의 매스웍스(MathWorks))으로 코딩되어 있는 바와 같은 하기의 부울 알고리즘(Boolean algorithm) 방정식이 이용될 수 있다:

[0084] `matched = not (mask) | not (xor (template, test_sample)),`

[0085] 여기서, `test_sample`은 샘플 이력이다. 매칭된 값은 템플릿, 샘플 이력 및 마스크와 동일한 길이를 갖는 시퀀스이다. 매칭된 시퀀스가 모두 논리 1인 경우, 양호한 매칭이 일어났다. 이를 분해하면, `not (xor (template, test_sample))`은 각각의 미스매칭(mismatching)에 대해서는 논리 0을 제공하고 각각의 매칭에 대해서는 논리 1을 제공한다. 반전된 마스크와 논리 "OR하는 것"은 마스크가 논리 0인 경우 매칭된 시퀀스에서의 각각의 위치를 강제로 논리 1로 만든다. 따라서, 값이 논리 0으로서 지정되어 있는 마스크 템플릿에서의 위치들이 많을수록, 사람의 깜박임(또는 다른 센서 상태)과 관련하여 더 큰 오차 여유가 허용된다. 또한, 마스크 템플릿에서의 논리 0의 수가 많을수록, 예상된 또는 의도된 패턴에 거짓 양성(false positive) 매칭될 가능성이 크다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 다양한 예상된 또는 의도된 패턴들이 한번에 하나 이상씩 활성화된 상태로 디바이스 내에 프로그래밍될 수 있고 적어도 하나의 실시 형태에서는 특정한 동작 상태에 사용될 특정한 패턴들의 사용을 제어할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 보다 구체적으로는, 동일한 목적 또는 기능을 위해 또는 상이한 또는 대안의 기능을 구현하기 위해, 다수의 예상된 또는 의도된 패턴들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 렌즈가 동작 상태를 변경, 모니터링을 종료 및/또는 모니터링을 개시하게 하기 위해 하나의 패턴이 이용될 수 있다. 적어도 하나의 실시 형태에서 깜박임 검출은 또한 안검들이 닫힌 채 유지될 때 검출할 수 있는데, 이는 연속 깜박임으로서 검출될 것이다.

[0086] 도 5 내지 도 18d는 안검 위치 센서 시스템들(또는 깜박임 검출 센서 시스템들)의 예들을 제공한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 안검 위치 센서 시스템들은 깜박임 검출을 이용하여 안검이 닫혀 있고 일정 기간 동안 닫힌 채 유지되는지 여부를 판정한다.

[0087] 도 5는 적어도 하나의 실시 형태에 따른 깜박임 검출 시스템에 대한 상태 전이도(500)를 도시한다. 이 시스템은 인에이블 신호(`bl_go`)가 어썬트되기(asserted)를 기다리는 유휴 상태(502)에서 시작한다. 인에이블 신호(`bl_go`)가, 예를 들어 깜박임 샘플링 레이트에 상응하는 100 ms 레이트로 `bl_go` 펄스를 발생시키는 발진기 및 제어 회로에 의해 어썬트될 때, 상태 기계는 이어서 수신된 광 수준을 디지털 값으로 변환하기 위해 ADC가 인에이블되는 WAIT\_ADC 상태(504)로 전이된다. ADC는 그의 동작이 완료되었다는 것을 나타내기 위해 `adc_done` 신호를 어썬트하고, 시스템 또는 상태 기계가 시프트 상태(506)로 전이된다. 시프트 상태(506)에서, 시스템은 깜박임 샘플들의 이력을 유지하기 위해 가장 최근에 수신된 ADC 출력값을 시프트 레지스터 상으로 푸시한다. 일부 실시 형태에서, ADC 출력값이 먼저 임계값과 비교되어 샘플값에 대한 단일 비트(1 또는 0)를 제공하여 저장 요건들을 최소화한다. 이어서, 시스템 또는 상태 기계는 샘플 이력 시프트 레지스터 내의 값들이 전술된 바와 같은 하나 이상의 깜박임 시퀀스 템플릿들 및 마스크들과 비교되는 비교 상태(508)로 전이된다. 매칭이 검출되면, 예컨대 렌즈의 상태를 잠들어 있는 동작 상태 또는 깨어 있는 동작 상태로 전환하거나 또는 착용자에 의한 수면의 시작 신호를 보내는 것과 같이 하나 이상의 출력 신호들이 어썬트될 수 있다. 이어서, 시스템 또는 상태 기계는 완료 상태(510)로 전이되고, 그의 동작이 완료되었음을 나타내기 위해 `bl_done` 신호를 어썬트한다.

[0088] 도 6은 수신된 광 수준을 검출 및 샘플링하는 데 사용될 수 있는 광센서 또는 광검출기 신호 경로(`pd_rx_top`)를 도시한다. 신호 경로(`pd_rx_top`)는 광다이오드(602), 트랜스임피던스 증폭기(604), 자동 이득 및 저역 통과 필터링 스테이지(606)(AGC/LPF), 및 ADC(608)를 포함할 수 있다. `adc_vref` 신호는 전원(620)으로부터 ADC(608)에 입력되거나(예컨대, 도 1a 내지 도 1f의 전원(180) 참조), 또는 대안적으로 아날로그-디지털 변환기(608) 내부의 전용 회로로부터 제공될 수 있다. ADC(608)로부터의 출력(`adc_data`)은 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기 블록(118/130)(도 1c 참조)으로 전송된다. 도 1c에 개별 블록들(118, 130)로서 도시되어 있지만, 설명의 편의상, 디지털 신호 프로세서(118) 및 시스템 제어기(130)는 단일 블록(610) 상에 구현될 수 있다. 완료 신호(`adc_complete`)가 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(610)로 전송되는 동안, 인에이블 신호(`adc_en`), 시작 신호(`adc_start`), 및 리셋 신호(`adc_rst_n`)가 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기로부터 수신된다. 클럭 신호(`adc_clk`)가 신호 경로(`pd_rx_top`) 외부에 있는 클럭 소스로부터 또는 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(610)로부터 수신될 수 있다. `adc_clk` 신호 및 시스템 클럭이 상이한 주파수들에서 동작할 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 또한, 상이한 인터페이스 및 제어 신호를 가질 수 있지만 광센서 신호 경로의 아날로그 부분의 출력의 샘플링된 디지털 표현을 제공하는 유사한 기능을 수행하는 적어도 하나의 실시 형태에 따른 임의의 개수의 상이한 ADC들이 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 광검출 인에이블(`pd_en`) 및 광검출 이득(`pd_gain`)이 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(610)로부터 수신된다.

[0089] 도 7은 수신된 ADC 신호값(`adc_data`)을 단일 비트 값(`pd_data`)으로 감소시키는 데 사용될 수 있는 디지털 조절 논리(700)의 블록도를 도시한다. 디지털 조절 논리(700)는 신호(`adc_data_held`)를 통해 보유된 값을 제공하기

위해 광검출 신호 경로(pd\_rx\_top)로부터 데이터(adc\_data)를 수신하는 디지털 레지스터(702)를 포함할 수 있다. 디지털 레지스터(702)는 adc\_complete 신호가 어썬트될 때 adc\_data 신호를 통해 새로운 값을 받아들이도록 그리고 adc\_complete 신호가 수신될 때 마지막으로 받은 값을 다른 방식으로 보유하도록 구성된다. 이러한 방식으로, 이 시스템은 시스템 전류 소비를 감소시키기 위해, 데이터가 래치되면, 광검출 신호 경로를 디스에이블할 수 있다. 이어서, 보유된 데이터 값은 임계치 생성 회로(704)에서, 예를 들어 디지털 논리로 구현되는 적분-딤프 평균 또는 다른 평균 방법들에 의해 평균되어, 신호(pd\_th)에 대한 하나 이상의 임계치들을 생성할 수 있다. 이어서, 보유된 데이터 값은 비교기(706)를 통해, 하나 이상의 임계치들과 비교되어 신호(pd\_data)에 1 비트 데이터 값을 생성할 수 있다. 비교 동작이 출력 신호(pd\_data) 상의 잡음을 최소화하기 위해 하나 이상의 임계치들과의 비교 또는 히스테리시스를 채용할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 디지털 조절 논리는 계산된 임계값들에 따라 그리고/또는 보유된 데이터 값에 따라, 신호(pd\_gain)를 통해 광검출 신호 경로에 있는 자동 이득 및 저역 통과 필터링 스테이지(606)(도 6에 도시됨)의 이득을 설정하는 이득 조정 블록(pd\_gain\_adj)(708)을 추가로 포함할 수 있다. 이 예시적인 실시 형태에서, 6 비트 워드들이 복잡도를 최소화하면서 깜박임 검출에 대한 동적 범위에 걸쳐 충분한 분해능을 제공한다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 도 7은 예를 들어, 이득 조정 블록(pd\_gain\_adj)(708)에 의해 결정되는 자동 이득 제어보다 우선하도록 허용하는 직렬 데이터 인터페이스로부터 제어 신호(pd\_gain\_sdi)를 제공하는 것을 포함하는 대안적인 실시 형태를 도시한다.

[0090] 하나의 예시적인 실시 형태에서, 임계치 생성 회로(704)는 피크 검출기, 밸리(valley) 검출기, 및 임계치 계산 회로를 포함한다. 이 실시 형태에서, 임계치 및 이득 제어 값은 다음과 같이 발생할 수 있다. 피크 검출기 및 밸리 검출기는 신호(adc\_data\_held)를 통해 보유된 값을 수신하도록 구성된다. 피크 검출기는 추가로, adc\_data\_held 값의 증가를 빠르게 추적하고 adc\_data\_held 값이 감소되는 경우 느리게 감소되는 출력값(pd\_pk)을 제공하도록 구성된다. 이 동작은, 전기 업계에 잘 알려진 바와 같이, 종래의 다이오드 엔벨로프 검출기의 동작과 유사하다. 밸리 검출기는 추가로, adc\_data\_held 값의 감소를 빠르게 추적하고 adc\_data\_held 값이 증가되는 경우 보다 높은 값으로 느리게 증가되는 출력값(pd\_vl)을 제공하도록 구성된다. 밸리 검출기의 동작은 또한 다이오드 엔벨로프 검출기와 유사한데, 이때 방전 저항기는 양의 전원 전압에 연결되어 있다. 임계치 계산 회로는 pd\_pl 및 pd\_vl 값을 수신하도록 구성되고, 또한 pd\_pk 및 pd\_vl 값의 평균에 기초하여 중간점 임계값(pd\_th\_mid)을 계산하도록 구성된다. 임계치 생성 회로(704)는 중간점 임계값(pd\_th\_mid)에 기초하여 임계값(pd\_th)을 제공한다.

[0091] 임계치 생성 회로(704)는 추가로 pd\_gain 값의 변화에 응답하여 pd\_pk 및 pd\_vl 수준의 값을 업데이트하도록 적응될 수 있다. pd\_gain 값이 하나의 스텝만큼 증가되는 경우, pd\_pk 및 pd\_vl 값이 광검출 신호 경로에서의 예상된 이득 증가와 동일한 계수만큼 증가된다. pd\_gain 값이 하나의 스텝만큼 감소되는 경우, pd\_pk 및 pd\_val 값이 광검출 신호 경로에서의 예상된 이득 감소와 동일한 계수만큼 감소된다. 이러한 방식으로, pd\_pk 및 pd\_vl 값에 각각 보유된 바와 같은 피크 검출기 및 밸리 검출기의 상태, 및 pd\_pk 및 pd\_vl 값으로부터 계산된 바와 같은 임계값(pd\_th)이 신호 경로 이득에서의 변화에 매칭되도록 업데이트되고, 이에 의해 광검출 신호 경로 이득의 의도적인 변경으로부터만 얻어지는 상태 또는 값의 불연속성 또는 다른 변화를 회피한다.

[0092] 임계치 생성 회로(704)의 추가의 예시적인 실시 형태에서, 임계치 계산 회로는 추가로 pd\_pk 값의 비율 또는 백분율에 기초하여 임계값(pd\_th\_pk)을 계산하도록 구성될 수 있다. 적어도 하나의 실시 형태에서, pd\_th\_pk는 유리하게는 pd\_pk 값의 7/8이 되도록 구성될 수 있고, 그의 계산은 관련 업계에서 잘 알려진 바와 같이 3 비트 만큼의 간단한 우측 시프트 및 감산으로 구현될 수 있다. 임계치 계산 회로는 임계값(pd\_th)을 pd\_th\_mid 및 pd\_th\_pk 중 더 작은 것이 되도록 선택할 수 있다. 이러한 방식으로, pd\_pk 및 pd\_vl 값이 같아지게 할 수도 있는 광다이오드에 입사되는 일정한 광의 오랜 기간 이후에도, pd\_th 값은 pd\_pk 값과 결코 같아지지 않을 것이다. pd\_th\_pk 값이 오랜 구간 후에 깜박임의 검출을 보장한다는 것을 이해할 것이다. 후속하여 논의되는 바와 같이, 임계치 생성 회로의 거동은 도 11a 내지 도 11g에 추가로 도시되어 있다.

[0093] 도 8은 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에 따른 디지털 깜박임 검출 알고리즘을 구현하는 데 사용될 수 있는 디지털 검출 논리(800)의 블록도를 도시한다. 디지털 검출 논리(800)는, 여기서 1 비트 값을 갖는 신호(pd\_data)에 대해 나타난 바와 같이, 광검출 신호 경로(pd\_rx\_top)로부터(도 6) 또는 디지털 조절 논리로부터(도 7) 데이터를 수신하도록 적응되는 시프트 레지스터(802)를 포함할 수 있다. 시프트 레지스터(802)는 수신된 샘플 값의 이력을, 여기에서는 24-비트 레지스터에 보유한다. 디지털 검출 논리(800)는 (필요하다면) 동작 상태에 기초하여 샘플 이력과 하나 이상의 템플릿들(bl\_tpl) 및 마스크들(bl\_mask)을 수신하도록 적응되는 비교 블록(804)을 추가로 포함하고, 나중에 사용하기 위해 보유될 수 있는 하나 이상의 출력 신호들 상의 하나 이상

의 템플릿들 및 마스크들에 대한 매칭을 나타내도록 구성된다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 동작 상태는 비교 블록(804)에 의해 사용될 템플릿들(bl\_tpl) 및 마스크들(bl\_mask)의 세트를 결정한다. 템플릿들(bl\_tpl)의 적어도 하나의 세트에서, 착용자가 잠들어 있음을 나타내는 적어도 하나의 수면 템플릿이 있다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 디지털 검출 논리(800)는 하나 이상의 수면 템플릿들을 포함하도록 적용되는 비교 블록을 포함하고, 나중에 사용하기 위해 보유될 수 있는 하나 이상의 출력 신호들 상에 하나 이상의 템플릿들 및 마스크들에 대한 매칭을 나타내도록 구성된다. 그러한 예시적인 대안 실시 형태에서, 렌즈는 잠자고 있는 동작 상태 및 깨어 있는 동작 상태를 갖지 않는다.

[0094] 비교 블록(804)의 출력은 D 플립플롭(806)을 통해 래치된다. 디지털 검출 논리(800)는 마스크 동작으로 인한 작은 시프트에서 동일한 샘플 이력 세트 상에 있을 수 있는 연속적인 비교를 억제하는 카운터(808) 또는 다른 논리를 추가로 포함할 수 있다. 바람직한 실시 형태에서, 양성 매칭이 발견된 후에 샘플 이력이 클리어되거나 리셋되고, 따라서 후속의 매칭을 식별할 수 있기 전에 새로운 매칭되는 시퀀스 전체가 샘플링될 것을 필요로 한다. 디지털 검출 논리(800)는 광검출 신호 경로 및 ADC에 제어 신호들을 제공하는 상태 기계 또는 유사한 제어 회로를 또한 추가로 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제어 신호들은 디지털 검출 논리(800)와는 별개인 제어 상태 기계에 의해 생성될 수 있다. 이러한 제어 상태 기계는 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(610)(도 6 참조)의 일부일 수 있다.

[0095] 도 9는 검출 서브시스템으로부터 광검출 신호 경로에서 사용되는 ADC(608)(도 6)에 제공되는 제어 신호들의 타이밍도를 도시한다. 인에이블 및 클럭 신호들(adc\_en, adc\_rst\_n, 및 adc\_clk)은 샘플 시퀀스의 시작에서 활성화되고, 아날로그-디지털 변환 프로세스가 완료될 때까지 계속된다. 하나의 실시 형태에서, ADC 변환 프로세스는 펄스가 adc\_start 신호를 통해 제공될 때 시작된다. ADC 출력 값은 adc\_data 신호에서 보유하고, 프로세스의 완료가 adc\_complete 신호를 통해 아날로그-디지털 변환기 논리에 의해 나타내어진다. 또한, ADC 이전에 증폭기의 이득을 설정하는 데 이용되는 pd\_gain 신호가 도 9에 나타나 있다. 이 신호는, 아날로그 회로 바이어스 및 신호 수준이 변환 이전에 안정화될 수 있게 하기 위해 워업 시간 이전에 설정되는 것으로 나타나 있다.

[0096] 도 10은 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig\_blink)(1002)을 갖는 디지털 시스템 제어기(1000)를 도시한다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig\_blink)(1002)은 마스터 상태 기계(dig\_master)(1004)에 의해 제어될 수 있고, 디지털 시스템 제어기(1000) 외부에 있는 클럭 생성기(clkgen)(1006)로부터 클럭 신호들을 수신하도록 적용될 수 있다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig\_blink)(1002)은 전송된 바와 같이 광검출 서브시스템에 제어 신호들을 제공하고 그로부터 신호들을 수신하도록 적용될 수 있다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig\_blink)(1002)은, 깜박임 검출 알고리즘에서의 동작 시퀀스를 제어하는 상태 기계에 더하여, 전송된 바와 같은 디지털 조절 논리 및 디지털 검출 논리를 포함할 수 있다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig\_blink)(1002)은 마스터 상태 기계(1004)로부터 인에이블 신호를 수신하도록 그리고 완료 표시 및 깜박임 검출 표시를 다시 마스터 상태 기계(1004)에 제공하도록 적용될 수 있다.

[0097] 도 10에 도시된 실시 형태에 대한 예시적인 대안 실시 형태에서, 시간 클럭이 클럭 생성기(1006)(도 10에 있음)에 접속되어 렌즈가 동작을 시작한 이후로 시간을 추적하고 일 실시 형태에서 시간 스탬프 신호를 데이터 관리자에 제공하는데, 여기서 데이터 관리자가 착용자에 의한 수면의 개시 및 종료에 관한 데이터를 기록하여서, 예를 들어 적어도 하나의 전자 통신 구성요소를 사용하여 렌즈로부터 외부 디바이스로 데이터가 전송(또는 송신)될 때, 외부 디바이스는 렌즈로부터의 시간 스탬프 및 로깅된 시간 스탬프들과 비교하여 그 데이터가 전송될 때의 외부 디바이스 상의 현재 시간에 기초하여 하루 중 시간을 역으로 계산함으로써 착용자가 렌즈를 착용한 상태에서 잠들었던 기간을 판정할 수 있다.

[0098] 도 11a 내지 도 11g는 임계치 생성 회로 및 자동 이득 제어(도 7)의 동작을 나타내는 파형들을 도시한다. 도 11a는 다양한 광 수준들에 응답하여 광다이오드에 의해 제공될 수도 있는 것과 같은 광전류 대 시간의 예를 나타낸다. 플롯의 제1 부분에서, 광 수준 및 얻어지는 광전류는 플롯의 제2 부분과 비교하여 상대적으로 낮다. 플롯의 제1 부분 및 제2 부분 둘 모두에서, 두 번 깜박임은 광 및 광전류를 감소시키는 것으로 보인다. 안검에 의한 광의 감도가 100%가 아니라, 눈에 입사되는 광의 파장에 대한 안검의 투과 특성에 따라 더 낮은 값일 수 있다는 것에 주목해야 한다. 도 11b는 도 11a의 광전류 파형에 응답하여 포착되는 adc\_data\_held 값을 나타낸다. 간결성을 위해, adc\_data\_held 값은 일련의 이산 디지털 샘플들보다는 오히려 연속 아날로그 신호로서 나타나 있다. 디지털 샘플 값들이 대응 샘플 시간들에서 도 11b에 나타난 수준에 대응할 것임을 이해할 것이다. 플롯의 상부 및 하부에 있는 파선들은 adc\_data 및 adc\_data\_held 신호들의 최대값 및 최소값을 나타낸다. 최소값과 최대값 사이의 값들의 범위는 또한 adc\_data 신호의 동적 범위로서 알려져 있다. 이하에서 논의되는 바와 같이, 광검출 신호 경로 이득이 플롯의 제2 부분에서 상이하다(더 낮다). 일반적으로, adc\_data\_held 값은

광전류에 정비례하고, 이득 변화는 비 또는 비례 상수에만 영향을 미친다. 도 11c는 임계치 생성 회로에 의해 adc\_data\_held 값에 응답하여 계산된 pd\_pk, pd\_vl 및 pd\_th\_mid 값들을 나타낸다. 도 11d는 임계치 생성 회로의 일부 실시 형태에서 adc\_data\_held 값에 응답하여 계산된 pd\_pk, pd\_vl 및 pd\_th\_pk 값들을 나타낸다. pd\_th\_pk 값이 항상 pd\_pk 값의 어떤 비율이라는 것에 주목해야 한다. 도 11e는 pd\_th\_mid 및 pd\_th\_pk 값들과 함께 adc\_data\_held 값을 나타낸다. adc\_data\_held 값이 비교적 일정한 오랜 기간 동안, pd\_vl 값이 동일한 수준으로 감쇠됨에 따라 pd\_th\_mid 값이 adc\_data\_held 값과 동일하게 된다는 것에 주목해야 한다. pd\_th\_pk 값이 항상 adc\_data\_held 값보다 얼마간 낮은 채로 있다. 또한, pd\_th의 선택이 도 11e에 나타나 있는데, 여기서 pd\_th 값은 pd\_th\_pk 및 pd\_th\_mid 중 더 낮은 것이 되도록 선택된다. 이러한 방식으로, 임계치는 항상 pd\_pk 값으로부터 얼마간 떨어져 설정되어, 광전류 및 adc\_data\_held 신호 상의 잡음으로 인한 pd\_data의 잘못된 전이를 회피한다. 도 11f는 adc\_data\_held 값과 pd\_th 값의 비교에 의해 생성된 pd\_data 값을 나타낸다. pd\_data 신호가, 깜박임이 일어나고 있을 때 로우(low)인 2치 신호라는 것에 주목해야 한다. 도 11g는 이러한 예시적인 파형들에 대한 tia\_gain의 값 대 시간을 나타낸다. tia\_gain의 값은 pd\_th가 도 11e에서 agc\_pk\_th로서 나타내어진 하이(high) 임계치를 초과하기 시작할 때 더 낮게 설정된다. pd\_th가 로우 임계치 미만으로 떨어지기 시작할 때 tia\_gain을 상승시키기 위해 유사한 거동이 일어난다는 것을 이해할 것이다. 도 11a 내지 도 11e 각각의 제2 부분을 다시 살펴보면, 보다 낮은 tia\_gain의 효과가 명백하다. 특히, adc\_data\_held 값이 adc\_data 신호와 adc\_data\_held 신호의 동적 범위의 중간 근방에 유지된다는 것에 주목해야 한다. 또한, pd\_pk 및 pd\_vl 값들이 전송된 바와 같이 이득 변화에 따라 업데이트되어, 단지 광검출 신호 경로 이득에서의 변화로 인한 피크 및 밸리 검출기 상태들 및 값들에서의 불연속성이 회피되게 한다는 것에 주목하는 것이 중요하다.

[0099] 깜박임 검출의 부가의 예시적인 실시 형태는, 예를 들어 고정된 템플릿을 사용하기보다는 오히려 제1 깜박임의 측정된 종료 시각에 기초하여 제2 깜박임의 시작 시간을 맞추는 것에 의해, 또는 마스크 "무정의(don't care)" 구간(0 값)을 넓히는 것에 의해, 깜박임 시퀀스의 지속기간 및 간격에서의 더 많은 변동을 허용할 수 있다.

[0100] 도 12는 집적 회로 다이(1200) 상의 광 차단 및 광 통과 특징부들을 도시한다. 집적 회로 다이(1200)는 광 통과 영역(1202), 광 차단 영역(1204), 접합 패드들(1206), 패시베이션 개구부들(1208), 및 광 차단층 개구부들(1210)을 포함한다. 광 통과 영역(1202)은 광센서들(도시되지 않음), 예를 들어 반도체 공정에서 구현되는 광 다이오드들의 어레이 위에 위치된다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 광 통과 영역(1202)은 가능한 한 많은 광이 광센서에 도달하게 함으로써, 감도를 최대화시킨다. 이는, 제조에 또는 후처리에서 이용되는 반도체 공정에서 허용되는 바와 같이, 광수용체 위에서의 폴리실리콘, 금속, 산화물, 질화물, 폴리이미드, 및 다른 층들의 제거를 통해 행해질 수 있다. 광 통과 영역(1202)은 또한 광 검출을 최적화하기 위해 다른 특수 처리, 예를 들어 반사 방지 코팅, 필터 및/또는 확산기를 수용할 수 있다. 광 차단 영역(1204)은 광 노출을 필요로 하지 않는 다이 상의 다른 회로를 덮을 수 있다. 광전류에 의해 다른 회로의 성능이 열화될 수 있는데, 예를 들어 앞서 언급된 바와 같이 콘택트 렌즈들에 포함시키기 위해 요구되는 초저전류 회로들에서의 바이어스 전압들 및 발전기 주파수들을 변화시킬 수 있다. 광 차단 영역(1204)은 얇고 불투명한 반사 재료, 예를 들어 반도체 웨이퍼 처리 및 후처리에서 이미 사용된 알루미늄 또는 구리로 형성된다. 금속으로 구현되는 경우, 광 차단 영역(1204)을 형성하는 재료는 단락 조건을 방지하기 위해 그 밑에 있는 회로들 및 접합 패드들(1206)로부터 절연되어야 한다. 그러한 절연은 보통의 웨이퍼 패시베이션의 일부, 예컨대 산화물, 질화물, 및/또는 폴리이미드의 일부로서 다이 상에 이미 존재하는 패시베이션에 의해, 또는 후처리 동안 부가되는 다른 유전체에 의해 제공될 수 있다. 마스크는 전도성 광 차단 금속이 다이 상의 접합 패드와 중첩하지 않도록 광 차단층 개구부들(1210)을 허용한다. 광 차단 영역(1204)은 다이 부착 동안 다이를 보호하고 단락을 방지하기 위해 부가의 유전체 또는 패시베이션으로 덮인다. 이 최종적인 패시베이션은 접합 패드들(1206)에의 접촉을 허용하기 위해 패시베이션 개구부들(1208)을 갖는다.

[0101] 콘택트 렌즈가 착색 능력을 포함하는 예시적인 대안 실시 형태에서, 광 통과 영역(1202)은 착색될 수 있는 콘택트 렌즈의 영역과 적어도 부분적으로 중첩된다. 광센서들이 콘택트 렌즈의 착색 영역과 비착색 영역들 둘 모두에 존재하는 경우, 이는 착색에 의해 차단되는 광의 양의 결정을 허용한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 전체 광 통과 영역(1202)이 착색 영역에 존재한다.

[0102] 도 13은 깜박임 검출 시스템을 갖는 전자 삽입물을 갖는 콘택트 렌즈를 도시한다. 콘택트 렌즈(1300)는 전자 삽입물(1304)을 제공하는 연결 플라스틱 부분(1302)을 포함한다(도면에서 이것을 변경해야 함). 이 삽입물(1304)은, 예를 들어 활성화에 따라 가까이 또는 멀리 초점을 맞추는 전자기기에 의해 활성화되는 렌즈(1306)를 포함한다. 집적 회로(1308)는 삽입물(1304) 상에 장착되고, 배터리들(1310), 렌즈(1306) 및 시스템에 필요한

다른 구성요소들에 접속된다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 집적 회로(1308)는 광센서(1312) 및 관련 광검출기 신호 경로 회로를 포함한다. 광센서(1312)는 렌즈 삽입물을 통해 바깥쪽으로 그리고 눈으로부터 먼쪽으로 향해 있고, 따라서 주변 광을 수신할 수 있다. 광센서(1312)는, 예를 들어 단일 광다이오드 또는 광다이오드들의 어레이로서 (도시된 바와 같이) 집적 회로(1308) 상에 구현될 수 있다. 광센서(1312)는 또한 삽입물(1304) 상에 장착되고 배선 트레이스들(1314)과 접속되는 별개의 디바이스로서 구현될 수 있다. 안검이 닫힐 때, 광검출기(1312)를 포함하는 렌즈 삽입물(1304)이 덮임으로써, 광검출기(1312)에 입사되는 광 수준을 감소시킨다. 광검출기(1312)는 주변 광을 측정하여 사용자가 깜박거리고 있는지 여부를 판정할 수 있다. 본 발명에 기초하여, 당업자는 광검출기(1312)가 본 발명에서 논의된 다른 센서들에 의해 대체되거나 또는 증대될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0103] 깜박임 검출 및/또는 수면 검출이 디지털 논리로 또는 마이크로컨트롤러 상에서 실행되는 소프트웨어로 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 알고리즘 논리 또는 마이크로컨트롤러는 광검출 신호 경로 회로 및 시스템 제어기와 함께 단일 ASIC(application-specific integrated circuit)로 구현될 수 있거나, 또는 그것은 하나 초과의 집적 회로에 걸쳐 분할될 수 있다.

[0104] 다른 예시적인 실시 형태에 따르면, 급전식 또는 전자 안과용 렌즈가 안검 또는 눈꺼풀 위치 센서를 포함할 수 있다. 안검은 깜박임 반사 및 누액 확산 작용을 비롯한 여러 가지 방식으로 안구를 보호한다는 것이 알려져 있다. 안검의 깜박임 반사는 눈에 대한 인지된 위험 시에 빠르게 눈을 감음으로써 안구의 외상을 방지한다. 깜박임은 또한 안구의 표면 위에 누액을 확산시켜 안구를 촉촉하게 유지시키고 세균 및 다른 이물질을 씻어낸다. 그러나, 안검의 움직임은 또한, 전자 안과용 렌즈를 착용한 사람(또는 착용자)에게 알람이 활성화되었음에 대해 경보를 발하는 데 사용되는 것 이외의 실행 중인 다른 작용 또는 기능을 나타낼 수 있다.

[0105] 이제 도 14a를 참조하면, 눈 상의 안검 위치 센서 시스템(1400)이 도시되어 있다. 시스템은 콘택트 렌즈(1402) 내에 포함된다. 상부 및 하부 안검들이 나타내져 있는데, 여기서 상부 안검은 닫힘이 증가하는 순으로 가능한 위치들(1401, 1403, 1405)을 갖고 있다. 하부 안검은 또한 상부 안검에 대응하는 닫힘의 수준들; 즉, 위치들(1407, 1409, 1405)을 갖는 상태로 도시되어 있다. 안검들이 닫혀 있을 때, 이들은 동일한 위치; 즉, 1405를 차지한다. 이 예시적인 실시 형태에 따른 콘택트 렌즈(1402)는 센서 어레이(1404)를 포함한다. 이러한 센서 어레이(1404)는 하나 이상의 광센서들을 포함한다. 이러한 실시 형태에서, 센서 어레이(1404)는 12개의 광센서들(1406a 내지 1406i)을 포함한다. 상부 안검이 위치(1401)에 있고 하부 안검이 위치(1407)에 있을 때, 모든 광센서들(1406a 내지 1406i)이 노출되고 주변 광을 수신함으로써, 본 명세서에 기술된 전자 회로에 의해 검출될 수 있는 광전류를 생성한다. 안검들이 위치들(1403, 1409)에서 부분적으로 닫혀 있는 상태에서, 상부 및 하부 광센서들(1406a, 1406b)은 덮이고, 다른 광센서들(1406c 내지 1406i)보다 더 적은 광을 수신하고, 전자 회로에 의해 검출될 수 있는 상대적으로 보다 낮은 전류를 출력한다. 안검들이 위치(1405)에서 완전히 닫혀 있는 상태에서, 모든 센서들(1406a 내지 1406i)은 대응하는 전류 감소를 가진 채 덮여 있다. 예를 들어, 피로 또는 수면의 잠재적인 시작을 나타내는 깜박임들 후에 상부 및 하부 안검들이 완전히 열리지 않은 경우, 이 시스템은 센서 어레이에서의 각각의 광센서를 샘플링하고 광전류 출력 대 센서 위치를 사용하여 안검 위치를 판정함으로써 안검 위치를 검출하기 위해 사용될 수 있다. 광센서들이 콘택트 렌즈 상의 적합한 위치들에 배치되어, 예를 들어, 선명한 광학 구역(대략적으로 확장된 동공이 차지하는 영역)을 방해하지 않으면서 충분한 샘플 위치들을 제공하여 안검 위치를 신뢰성 있게 결정해야 함을 이해할 것이다. 이러한 시스템은 또한 센서들을 관례적으로 샘플링하고 시간 경과에 따라 측정값들을 비교함으로써 깜박임들을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 센서 어레이(1404')의 광센서들(1406a' 내지 1406i')이 예를 들어 도 14b에 도시된 바와 같이 서로 수직으로 이격된 상태에서 동공 주위에 아치형 패턴을 형성한다. 예시된 실시 형태들 중 어느 하나의 실시 형태 하에서, 당업자는 센서 어레이에서 12개 이외의 개수가 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 추가 예는 3 내지 15 범위의 개수(적어도 하나의 실시 형태에서 중점들을 포함함)를 포함하고, 보다 구체적으로는 4 내지 8 범위의 개수(적어도 하나의 실시 형태에서 중점들을 포함함)를 포함한다.

[0106] 도 15a 및 도 15b는, 위에서 기재된 바와 같이 안검 위치 광센서들이 콘택트 렌즈(1502) 또는 보다 구체적으로 급전식 또는 전자 안과용 렌즈에서의 활동을 트리거하기 위해 사용되는 전자 시스템(1500)을 도시한다. 도 15a는 렌즈(1502) 상의 전자 시스템(1500)을 도시하고, 도 15b는 시스템(1500)의 분해도이다. 도 14a 및 도 14b에 관하여 앞서 기술된 바와 같이 하나 이상의 광센서들(1504) 상으로 광(1501)이 입사된다. 이러한 광센서들(1504)은 광다이오드들, 황화카드뮴(CdS) 센서들, 또는 주변 광을 전류로 변환하는 데 적합한 다른 기술들로 구현될 수 있다. 광센서들(1504)의 선택에 따라, 후속 또는 하류측 회로들에 의해 사용하기 위한 입력 신호들을 조절하기 위해 증폭기들(1506) 또는 다른 적합한 회로가 요구될 수 있다. 멀티플렉서(1508)는 단일 아날로그-

디지털 변환기(또는 ADC)(1510)가 다수의 광센서들(1504)로부터의 입력들을 받아들일 수 있게 한다. 멀티플렉서(1508)는 광센서들(1504) 바로 뒤에, 증폭기들(1506) 앞에 배치될 수 있거나, 또는 전류 소비, 다이 크기, 및 설계 복잡도에 대한 고려사항들에 따라 사용되지 않을 수도 있다. 다수의 광센서들(1504)이 안검 위치를 검출하기 위해 눈 상의 다양한 위치들에 필요하기 때문에, 하류측 처리 구성요소들(예를 들어, 증폭기들, 아날로그-디지털 변환기, 및 디지털 신호 시스템 제어기들)을 공유하는 것은 전자 회로에 대해 필요한 크기를 상당히 감소시킬 수 있다. 증폭기들(1506)은 이득에 의해 입력에 비례하는 출력을 생성하고, 입력 전류를 출력 전압으로 변환하는 트랜스임피던스 증폭기들로서 기능할 수 있다. 증폭기들(1506)은 신호를 시스템의 나머지에 대한 사용가능 수준으로 증폭할 수 있는데, 예컨대 ADC(1510)에 의해 획득될 충분한 전압 및 전력을 신호에 제공한다. 예를 들어, 증폭기들(1506)은 후속하는 블록들을 구동하는 데 필요할 수 있는데, 그 이유는 광센서들(1504)의 출력이 아주 작을 수 있고 낮은 조명 환경에서 사용될 수 있기 때문이다. 증폭기들(1506)은 또한 가변 이득 증폭기들로서 구현될 수 있고, 그의 이득은 시스템(1500)의 동적 범위를 최대화하기 위해 시스템 제어기(1512)에 의해 조정될 수 있다. 이득을 제공하는 것에 더하여, 증폭기들(1506)은 광센서(1504) 및 증폭기(1506) 출력에 적절한 필터링 및 다른 회로와 같은 다른 아날로그 신호 조절 회로를 포함할 수 있다. 증폭기들(1506)은 광센서(1504)에 의해 출력되는 신호를 증폭하고 조절하기 위한 임의의 적합한 디바이스일 수 있다. 예를 들어, 증폭기들(1504)은 단순히 단일 연산 증폭기일 수 있거나, 하나 이상의 연산 증폭기들을 포함하는 보다 복잡한 회로일 수 있다.

[0107] 위에서 기재된 바와 같이, 광센서들(1504) 및 증폭기들(1506)은 눈 상의 다양한 위치들에서 입사광(1501)을 검출하도록 그리고 입력 전류를 궁극적으로 시스템 제어기(1512)에 의해 사용가능한 디지털 신호로 변환하도록 구성된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(1512)는 눈 상의 각각의 광센서(1504)를 샘플링하여 안검 위치를 검출하고 적절한 출력 신호를 경보 메커니즘(1514)에 제공하도록 사전 프로그래밍된다. 시스템 제어기(1512)는 또한 관련 메모리를 포함한다. 시스템 제어기(1512)는 광센서들(1504)의 최신 샘플들을 안검 열림 위치 및 눈을 가늘게 뜨기(squinting) 위치에 상관하는 사전 프로그래밍된 패턴들로 조합할 수 있다. 시스템(1500)은 안검 위치 변화들, 주변 광에서의 보통의 변화, 음영들, 및 다른 현상들을 구별할 필요가 있을 수 있다. 이러한 구별은 샘플링 주파수, 증폭기 이득, 및 다른 시스템 파라미터들의 적절한 선택, 콘택트 렌즈에서의 센서들 배치의 최적화, 안검 위치 패턴들의 결정, 주변 광의 기록, 각각의 광센서를 인접한 모든 광센서들과 비교, 및 안검 위치를 고유하게 분간하는 다른 기법들을 통해 달성될 수 있다.

[0108] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, ADC(1510)는 증폭기들(1506)로부터 멀티플렉서를 통해 출력되는 연속적인 아날로그 신호를 추가의 신호 처리에 적절한 샘플링된 디지털 신호로 변환하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, ADC(1510)는 증폭기들(1506)로부터 출력되는 아날로그 신호를 디지털 신호 처리 시스템 또는 마이크로프로세서(1516)와 같은 후속 또는 하류측 회로들에 의해 사용가능할 수 있는 디지털 신호로 변환할 수 있다. 디지털 신호 처리 시스템 또는 디지털 신호 프로세서(1516)는 하류측 사용을 위한 입사광 검출을 허용하기 위해 샘플링된 데이터의 필터링, 처리, 검출, 및 다른 방식으로의 조작/처리 중 하나 이상을 포함한 디지털 신호 처리에 이용될 수 있다. 디지털 신호 프로세서(1516)는 다양한 안검 위치 및/또는 단함 패턴들에 의해 사전 프로그래밍될 수 있다. 디지털 신호 프로세서(1516)는 또한 적어도 하나의 실시 형태에서 관련 메모리를 포함한다. 디지털 신호 프로세서(1516)는 아날로그 회로, 디지털 회로, 소프트웨어 및/또는 바람직하게는 이들의 조합을 이용하여 구현될 수 있다. ADC(1510)는, 관련 증폭기들(1506) 및 디지털 신호 프로세서(1516)와 함께, 이전에 기술된 샘플링 레이트와 부합하는 적합한 속도로, 예를 들어 100 ms마다 활성화된다.

[0109] 전원(1518)은 안검 위치 센서 시스템(1500)을 포함한 많은 구성요소들에 전력을 공급한다. 전원(1518)은 또한 콘택트 렌즈 내의 다른 구성요소들에 전력을 공급하기 위해 이용될 수 있다. 전력은 배터리, 에너지 하베스터, 또는 앞서 논의된 바와 같은 다른 적합한 수단으로부터 공급될 수 있다. 본질적으로, 임의의 유형의 전원(1518)이 시스템의 모든 다른 구성요소들에 신뢰성 있는 전력을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 아날로그로부터 디지털로 처리되는 안검 위치 센서 어레이 패턴은, 시스템 제어기(1512)의 활성화 또는 시스템 제어기(1512)의 일부분을 인에이블할 수 있다. 또한, 시스템 제어기(1512)는 디지털 신호 시스템 제어기(1508)로부터의 입력에 따라 급전식 콘택트 렌즈의 다른 태양들을 제어할 수 있는데, 예를 들어 경보 메커니즘(1514)을 활성화할 수 있다.

[0110] 이제 도 16을 참조하면, 콘택트 렌즈 상의 3개의 상이한 수직 위치들에 위치한 3개의 광센서들에 대한 출력 특징이 도시되어 있다. 출력 특징들은 각 광센서 상의 입사광에 비례하는 전류를 나타낼 수 있거나 또는 하류측 신호, 예를 들어, ADC(도 15b에서의 요소(1510))의 출력에서 디지털 샘플링된 데이터 값들 대 시간을 나타낼 수 있다. 예를 들어 암실로부터 밝은 복도로 이어서 다시 암실로 걸어갈 때, 전체 입사광(1602)은 증가하고, 정상

상태에 유지되고, 이어서 감소된다. 3개의 광센서들(1604, 1606, 1608) 모두는, 안검이 열린 채 유지될 경우, 광센서들(1604, 1608)에 대한 점선들(1601, 1603)에 의해 도시되는, 주변 광의 신호와 유사한 신호를 출력할 것이다. 주변 광 수준(1602)이 변화함에 더하여, 안검들의 부분적인 닫힘은 안검 열림 위치들(1612, 1614)의 그것과는 상이한 위치(1610)에 의해 나타내진다. 안검이 부분적으로 닫힐 때, 상부 광센서(1604)는 상부 안검에 의해 덮여지고 안검에 의한 광센서의 방해로 인해 상대적으로 보다 낮은 수준을 출력한다. 주변 광(1602)이 증가함에도 불구하고, 광센서(1604)는 부분적으로 닫힌 안검으로 인해 보다 적은 광을 수신하고 보다 낮은 신호를 출력한다. 덮여지는 광센서(1608)에서 유사한 응답이 관찰된다. 중간 센서(1606)는 눈을 가늘게 뜨는 동안 덮이지 않고, 그리하여 출력 수준의 대응하는 증가에 따라 광 수준 증가를 계속해서 보인다. 이러한 예가 하나의 특정한 경우를 예시하지만, 센서 위치의 다양한 구성들 및 안검 움직임이 검출될 수 있는 방식이 명백해야 한다.

[0111] 도 17a 및 도 17b는 콘택트 렌즈(1702) 내에 포함되는 대안적인 검출 시스템(1700)을 도시한다. 도 17a는 렌즈(1702) 상의 시스템(1700)을 도시하고, 도 17b는 시스템(1700)의 분해도를 도시한다. 이 예시적인 실시 형태에서, 정전용량성 터치 센서들(1704)이 광센서들 대신에 이용된다. 정전용량성 터치 센서들은 전자 산업, 예를 들어 터치-스크린 디스플레이들에서 통상적이다. 기본 원리는, 정전용량성 터치 센서(또는 가변 커패시터)(1704)가 예를 들어 유전체에 의해 덮이는 그리드를 구현함으로써, 정전용량이 근접성 또는 터치에 따라 변하도록 물리적인 방식으로 구현된다는 것이다. 센서 조절기들(1706)은, 예를 들어 고정 주파수 AC 신호에 대해 가변 커패시터를 갖는 발전기에서의 변화를 측정함으로써 또는 가변 커패시터 대 고정 커패시터의 비를 감지함으로써 정전용량에 비례하는 출력 신호를 생성한다. 센서 조절기들(1706)의 출력은 멀티플렉서(1708)에 의해 조합되어 하류측 회로를 감소시킬 수 있다. 이 예시적인 실시 형태에서, 도 15b에 관하여 기술된 바와 같은 필요한 신호 조절 회로는 간략함을 위해 생략된다. 시스템 제어기(1710)는 예를 들어, 각각의 센서를 순서대로 활성화하고 그 값들을 기록함으로써, 정전용량 센서 조절기(1706)로부터 멀티플렉서(1708)를 통해 입력들을 수신한다. 이어서, 그것은 측정된 값들을 사전 프로그래밍된 패턴들 및 이력 샘플들과 비교하여 안검 위치를 결정할 수 있다. 그 후에, 그것은 경보 메커니즘(1712)에서의 기능을 활성화하여, 예를 들어, 가변 초점 렌즈로 하여금 보다 가까운 초점 거리로 변경하도록 할 수 있다. 커패시터 터치 센서들(1704)은 광검출기들에 대해 앞서 기술된 것과 유사한 물리적 패턴으로 놓일 수 있지만, 적어도 하나의 실시 형태에서 안검 위치에 따른 정전용량의 변화들을 검출하기 위해 최적화될 것이다. 센서들, 및 그 점에 대해 전체 전자 시스템은 봉지되어 있고, 식염수(saline) 콘택트 렌즈 환경으로부터 절연되어 있을 것이다. 안검이 센서(1704)를 덮음에 따라, 앞서 기술된 주변 광의 변화보다는 오히려 정전용량의 변화가 검출될 것이다. 도 17b는 또한 적어도 하나의 실시 형태에서 전원(1714)을 포함하는 것을 도시하는데, 이는 앞서 논의된 바와 같이 다양한 형태들을 취할 수 있다.

[0112] 도 15b의 광센서들에 관하여 도시된 바와 같이 필요한 경우 정전용량성 터치 센서들에 따라 ADC 그리고 디지털 신호 처리 회로가 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 정전용량성 터치 센서들은 임의의 압력 센서이다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 렌즈 상의 압력 센서들과 광센서들의 조합이 있다.

[0113] 도 18a 내지 도 18d는 안검 위치 센서 시스템이 회로(1800)와 관련하여 동작하는 콘택트 렌즈(1802)를 따라 복수의 수직 점들을 덮는 스트립(1808, 1808a, 1808b)을 갖는 센서인 예시적인 대안 실시 형태를 도시한다. 스트립 구성을 가질 수 있는 센서의 일례가 정전용량 센서이다. 도 18a는 스트립(1808)이 콘택트 렌즈(1802) 상에서 실질적으로 직선인 예를 도시한다. 스트립(1808)이 콘택트 렌즈(1802)를 이등분하는 라인에 평행하게 배향되어 있는 것으로 도시되어 있지만, 그것은 이등분 라인에 관해 각진 배향을 갖거나 또는 아치형 형상을 가질 수 있다. 도 18b는 스트립(1808a)이 콘택트 렌즈(1802)를 따라 사행(serpentine) 경로를 취하는 예를 도시한다. 도 18c에 도시된 실시 형태에서, 스트립(1808b)의 사행 구성은 안검들이 닫힌 상태에 접근함에 따라 회로(1800)에 의해 검출되는 정전용량의 변화를 증가시킬 것이다. 정전용량 변화의 수준은 안검 닫힘의 양으로 변환될 것이다. 스트립 구성을 가질 수 있는 센서의 다른 예는 스트립 구성을 갖는 베이스 및 다이어프램(diaphragm)을 갖는 압전 압력 트랜스듀서이다. 안검들이 닫힘에 따라, 추가 압력이 안검들에 의해 압전 압력 트랜스듀서에 대해 적용되어서, 이에 따라 안검 닫힘의 수준의 결정을 허용할 것이다. 수직 축을 따른 연속 감지는 복수의 센서들 위에 개선된 입도(granularity)를 제공하여, 이에 따라 안검 위치의 개선된 측정을 제공한다. 도 18d는 앞서 논의된 것들과 같이 시스템 제어기(1810), 경보 메커니즘(1812) 및 전원(1814)을 포함하고 스트립 센서들(1808, 1808a, 1808b)과 관련하여 사용될 수 있는 전기 회로를 도시한다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 다수의 스트립들이 존재한다. 각진 및/또는 사행 스트립 구성의 이점은 콘택트 렌즈가 착용자의 눈 상에 부정확하게 배향되는 경우에도 안검 위치가 여전히 검출될 수 있다는 것이다.

- [0114] 디지털 신호 처리 블록 및 시스템 제어기(도 15b에서 각각 1516 및 1512, 도 17b의 시스템 제어기(1710), 및 도 18d의 시스템 제어기(1810))의 활동들은 이용가능한 센서 입력들, 환경, 및 사용자 반응들에 좌우된다. 입력들, 반응들, 및 결정 임계치들은 안과용 연구, 사전 프로그래밍, 훈련, 및 적응적/학습 알고리즘들 중 하나 이상으로부터 결정될 수 있다. 예를 들어, 안검 움직임의 일반적인 특징들은 문헌에 문서화가 잘 되어 있고, 사용자들의 광범위한 집단에 적용가능하고, 시스템 제어기 내로 사전 프로그래밍될 수 있다. 그러나, 전자 안과용 디바이스의 동작 시에 응답을 계속해서 개량하는 적응적/학습 알고리즘의 일부 또는 훈련 세션에서 깜박임 빈도의 변화 및/또는 일반적인 예상된 응답으로부터의 사람의 편차들이 기록될 수 있다. 일 실시 형태에서, 사용자가 근초점(near focus)을 원할 때, 사용자는 디바이스와 통신하는 핸드헬드 포브를 활성화함으로써 디바이스를 훈련시킬 수 있다. 이어서, 디바이스에서의 학습 알고리즘은 내부 결정 알고리즘들을 개량하기 위해 포브 신호 전후에 메모리 내의 센서 입력들을 참조할 수 있다. 이러한 훈련 기간은 하루 동안 지속될 수 있고, 그 후에 디바이스는 센서 입력들만으로 자율적으로 동작하고 포브를 필요로 하지 않을 것이다.
- [0115] 예시적인 대안 실시 형태에서, 시스템은 눈 움직임 센서 시스템을 추가로 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기가 눈 움직임 센서 시스템으로부터 착용자가 엎드려 있음 및 안검 위치 센서 시스템으로부터 안검들이 닫혀 있음의 판독값들을 수신하는 경우, 알람의 유형은 착용자가 잠자고 있음을 반영하도록 조정될 수 있다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 알람은 더 낮은 수준의 세계에서 시작되는데, 이는 일정 기간에 걸쳐 커져서 착용자에게 더 부드러운 경보를 제공한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 제공되는 알람은 확대되는 알람이다.
- [0116] 도 19a 및 도 19b는 눈의 움직임을 검출하기 위한 예시적인 눈 움직임 센서 시스템(1900)을 도시한다. 센서(1902)는 동공 또는 보다 일반적으로는 눈의 움직임 및/또는 위치를 검출한다. 센서(1902)는 콘택트 렌즈(1901) 상의 다축 가속도계로서 구현될 수 있다. 콘택트 렌즈(1901)가 눈에 부착되고 일반적으로 눈과 함께 움직이는 상태에서, 콘택트 렌즈(1901) 상의 가속도계는 눈 움직임을 추적할 수 있다. 임의의 적합한 디바이스가 센서(1902)로서 이용될 수 있고 하나 초과와 센서(1902)가 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 센서(1902)의 출력은 신호 프로세서(1904)에 의해 획득, 샘플링, 및 조절된다. 신호 프로세서(1904)는 증폭기, 트랜스임피던스 증폭기, 아날로그-디지털 변환기, 필터, 디지털 신호 프로세서, 및 센서(1902)로부터 데이터를 수신하고 눈 움직임 센서 시스템(1900)의 구성요소들 중 나머지에 적합한 포맷으로 출력을 발생시키는 관련 회로를 비롯한 임의의 개수의 디바이스들을 포함할 수 있다. 신호 프로세서(1904)는 아날로그 회로, 디지털 회로, 소프트웨어 및/또는 이들의 조합을 이용하여 구현될 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 신호 프로세서(1904) 및 센서(1902)는 동일한 집적 회로 다이 상에 제조된다. 가속도계의 획득 및 조절을 위한 센서 회로는 근육 활동 센서 또는 광학 동공 추적기를 위한 회로와는 상이하다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 신호 프로세서(1904)의 출력은 샘플링된 디지털 스트림이고, 절대 또는 상대 위치, 움직임, 눈모임과 일치하는 검출된 시선, 또는 다른 데이터를 포함할 수 있다. 시스템 제어기(1906)는 신호 프로세서(1904)로부터 입력을 수신하고, 다른 입력들과 함께 이 정보를 사용하여, 눈의 위치에 관한 정보를 결정한다. 시스템 제어기(1906)는 센서(1902) 및 신호 프로세서(1904) 둘 모두의 활동을 트리거하면서 이들로부터의 출력을 수신할 수 있다.
- [0117] 시스템 제어기(1906)는 신호 프로세서(1904) 및/또는 송수신기(1910)로부터의 입력 데이터를 사용하여, 어떠한 눈 움직임도 검출되지 않을 때 X축, Y축 및 Z축 상의 배향에 따른 센서(1902)의 배향에 기초하여 착용자가 누워 있는지(또는 엎드려 있는지)를 결정한다. 축들이 도 19c에 도시된 바와 같이 있는 경우, 가속도계가 X축에서 어느 방향으로든 또는 Z축에서 어느 방향으로든 안정된 가속도를 검출할 때, 착용자의 머리는 수평 배향을 갖는다. 가속도계가 Y축에서 음의 방향으로 안정된 가속도를 검출할 때, 착용자의 머리는 수직이다. 가속도계가 X축에서의 안정된 가속도를 갖거나 또는 갖지 않고서 Y축 및 Z축에서 안정된 가속도를 검출할 때, 착용자의 머리는 전방으로 기울어져 있다.
- [0118] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(1906)는 타이밍 회로로부터의 데이터와 함께 센서(1902)로부터의 데이터를 사용하여, 착용자에 대한 가속-감속 힘들을 계산한다. 가속도가 문체 템플릿의 일레인 뇌진탕 임계치를 초과할 때, 또는 대안적인 실시 형태에서, 계산된 힘이 뇌진탕 힘(concussion force)을 초과할 때, 시스템 제어기는 경보 메커니즘(1908)으로 경보를 트리거하고/하거나 뇌진탕 시험 프로토콜을 시작한다. 추가 실시 형태에서, 시스템 제어기(1906)는 가속-감속 힘들의 계산 이전에 착용자의 근사 중량을 제공한다. 또 다른 실시 형태에서, 시스템 제어기(1906)는 계산된 가속-감속 힘들을 누적 힘 값에 부가한다. 누적 힘 값이 반복적인 뇌진탕 임계치를 초과할 때, 이는 적어도 하나의 실시 형태에서 일정한 값인 반면, 다른 실시 형태에서는 시간 경과에 따라 조정되는 가변 수이다. 저장 박스가 사용되는 적어도 하나의 실시 형태에서, 누적 힘 값은 다음

콘택트 렌즈 쌍으로 업로드되어 힘들의 장기간 추적을 제공한다.

[0119] 도 19b는, 안테나(1912)를 통하여 통신을 수신 및/또는 송신하는, 간략하게 기술된, 선택적인 송수신기(1910)를 도시한다. 이 통신은 인접한 콘택트 렌즈, 안경 렌즈 또는 다른 디바이스로부터 올 수 있다. 송수신기(1910)는 시스템 제어기(1906)와 양방향 통신을 하도록 구성될 수 있다. 송수신기(1910)는 송수신기들에서 통상적인 것처럼 필터링, 증폭, 검출, 및 처리 회로를 포함할 수 있다. 송수신기(1910)의 구체적인 상세 사항들은 전자 또는 급전식 콘택트 렌즈에 맞추되는데, 예를 들어 통신은 눈들 사이의 신뢰성있는 통신, 저전력 소비를 위해 그리고 규제 요건들을 충족시키기 위해 적절한 주파수, 진폭 및 포맷으로 되어 있을 수 있다. 송수신기(1910) 및 안테나(1912)는 무선 주파수(RF) 대역, 예를 들어 2.4 GHz에서 동작할 수 있거나, 또는 통신을 위해 광을 사용할 수 있다. 송수신기(1910)로부터 수신된 정보, 예를 들어 배향을 나타내는 인접한 렌즈로부터의 정보가 시스템 제어기(1906)에 입력된다. 시스템 제어기(1906)는 또한, 예를 들어 경보 메커니즘(1908)으로부터의 데이터를 송수신기(1910)로 전송할 수 있는데, 송수신기는 이어서 안테나(1912)를 거쳐 통신 링크를 통해 데이터를 전송한다.

[0120] 시스템 제어기(1906)는 필드 프로그래머블 게이트 어레이(field-programmable gate array) 상에, 마이크로컨트롤러에, 또는 임의의 다른 적합한 디바이스에 상태 기계로서 구현될 수 있다. 시스템(1900) 및 본 명세서에 기술된 구성요소들에 대한 전력은 전원(1914)에 의해 공급된다.

[0121] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 눈 움직임 센서 시스템(1900)이 포함되고/되거나 달리 봉지되어 있고, 식염수 콘택트 렌즈(1901) 환경으로부터 절연되어 있다.

[0122] 도 20은, 2개의 동공들의 눈모임 또는 눈벌림 및/또는 시선이 감지될 수 있고 한 쌍의 콘택트 렌즈들(200) 사이에서 통신될 수 있는 시스템을 도시한다. 동공들(2002)은 가까운 물체의 관찰을 위해 모인 것으로 도시되어 있다. 눈들(2006) 상에 위치설정되는 콘택트 렌즈들(2000) 내에 포함된 동공 위치 및 눈모임 검출 시스템들(2004)은, 예를 들어, 동공들(2002)을 관찰하기 위한 홍채-대면 광검출기들로 또는 동공들의 움직임 및 따라서 동공들(2002)을 추적하기 위한 가속도계들로, 동공들(2002) 및/또는 콘택트 렌즈들(2000)의 위치를 추적한다. 본 발명의 목적을 위해, 홍채-대면은 착용자의 눈을 향하는 방향으로 대면하는 것을 의미하고, 추가 실시 형태에서 홍채-대면은 그 구성요소가 착용자의 눈과 접촉하는 콘택트 렌즈의 면 상에 존재하게 하는 것을 포함한다. 동공 위치 및 눈모임 검출기 시스템들(2004)은, 이후에 상세하게 기술되는 바와 같이 더 복잡한 시스템, 예를 들어, 3-축 가속도계, 신호 조절 회로, 제어기, 메모리, 전원, 및 송수신기를 형성하는 여러 구성요소들을 포함할 수 있다. 2개의 콘택트 렌즈들(2000) 사이의 통신 채널(2001)은 동공 위치 및 눈모임 검출 시스템들(2004)이 동공 위치에 대해 동기화될 수 있게 한다. 외부 디바이스, 예를 들어, 안경 유리 또는 스마트폰과의 통신이 또한 발생할 수 있다. 눈모임을 검출하기 위해 콘택트 렌즈들(2000) 사이의 통신이 중요하다. 예를 들어, 양쪽 동공들(2002)의 위치를 알지 못한 채, 단순히 좌측 아래를 주시하는 것은, 동공(2002)이 둘 모두의 작용들에 대해 유사한 움직임을 갖기 때문에 우측 눈에 의해 눈모임으로서 검출될 수 있다. 그러나, 우측 동공이 좌측 아래로 움직이는 것으로 검출되면서 좌측 눈의 동공이 우측 아래로 움직이는 것으로 검출되는 경우, 눈모임이 해석될 수 있다. 2개의 콘택트 렌즈들(2000) 사이의 통신은 절대 또는 상대 위치의 형태를 취할 수 있거나, 또는 눈이 눈모임의 예상된 방향으로 움직이는 경우 단순히 "눈모임 의심" 신호일 수 있다. 이러한 경우에, 주어진 콘택트 렌즈가 눈모임 자체를 검출하고 인접 콘택트 렌즈로부터 눈모임 표시를 수신하는 경우, 그것은 스테이지의 변화, 예를 들어, 가변 초점 또는 가변 도수 광학계 장착 콘택트 렌즈를 근거리 상태로 전환하는 것을 활성화하여, 판독값을 지원할 수 있다. 콘택트 렌즈들이 그렇게 장착되는 경우, 예를 들어, 안검 위치 및 모양 체근 활동을 조절하고자 하는 (그 가까이에 초점을 맞추고자 하는) 요구를 결정하는 데 유용한 다른 정보가 또한 통신 채널(2001)을 통해 전송될 수 있다. 채널(2001)을 통한 통신이, 각각의 렌즈(2006)에 의해 감지, 검출 또는 결정되고 시력 교정, 시력 향상, 엔터테인먼트 및 새로움을 포함한 다양한 목적을 위해 사용되는 다른 신호들을 포함할 수 있음을 또한 이해해야 한다.

[0123] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 도 19b에 도시된 시스템은 동공 또는 보다 일반적으로는 눈의 움직임 및/또는 위치를 검출하는 센서인 센서(1902)를 갖는다. 센서(1902)는 콘택트 렌즈(1901)에서의 다축 가속도계로서 구현될 수 있다. 콘택트 렌즈(1901)가 눈에 부착되고 일반적으로 눈과 함께 움직이는 상태에서, 콘택트 렌즈(1901) 상의 가속도계는 눈 움직임을 추적할 수 있다. 센서(1902)는 또한 이미지들, 패턴들, 또는 대비의 변화를 검출하여 눈 움직임을 추적하는 홍채-대면 카메라 또는 센서로서 구현될 수 있다. 대안적으로, 센서(1902)는 안와(socket) 내에서 눈을 움직이는 신경 및/또는 근육 활동을 검출하기 위해 신경근 센서들을 포함할 수 있다. 각각의 안구에는 각각의 눈에 전체 움직임 범위를 제공하는 6개의 근육들이 부착되어 있고, 각각의 근육은 그 자신의 고유 작용 또는 작용들을 갖는다. 이러한 6개의 근육들은 3개의 뇌신경들(CN) 중 하나에 의

해 신경지배된다. 6개의 외안근(extra-ocular muscle)들은 CN3(동안 신경(oculomotor))에 의해 신경지배 또는 제어되는 내직근(medial rectus), CN3에 의해 또한 신경지배되는 하직근(inferior rectus muscle), CN6(외전 신경(abducens))에 의해 신경지배 또는 제어되는 외측직근(lateral rectus), CN3에 의해 신경지배 또는 제어되는 상직근(superior rectus), CN4(활차 신경(trochlear))에 의해 신경지배 또는 제어되는 상사근(superior oblique), 및 CN3에 의해 신경지배 또는 제어되는 하사근(inferior oblique)이다. 임의의 적합한 디바이스가 센서(1902)로서 이용될 수 있고 하나 초과와 센서(1902)가 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 센서(1902)의 출력은 신호 프로세서(1904)에 의해 획득, 샘플링, 및 조절된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(1906)는 신호 프로세서(1904)로부터 입력을 수신하고, 다른 입력들과 함께 이 정보를 사용하여 전자 콘택트 렌즈(1901)를 제어한다. 송수신기(1910)는 안테나(1902)를 통하여 통신을 수신 및/또는 송신한다. 이 통신은 인접한 콘택트 렌즈, 안경 렌즈 또는 다른 디바이스로부터 올 수 있다. 송수신기(1910)로부터 수신된 정보, 예를 들어 눈모임 또는 눈벌림을 나타내는 인접한 렌즈로부터의 정보가 시스템 제어기(1906)에 입력된다. 시스템 제어기(1906)는 신호 프로세서(1904) 및/또는 송수신기(1910)로부터의 입력 데이터를 사용하여 시선 방향을 결정한다. 시스템 제어기(1906)는 또한 데이터를 송수신기(1910)로 전송할 수 있는데, 송수신기는 이어서 안테나(1912)를 거쳐 통신 링크를 통해 데이터를 전송한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 동공 위치 및 눈모임 검출 시스템(1900)이 포함되고/되거나 달리 봉지되어 있고, 식염수 콘택트 렌즈(1901) 환경으로부터 절연되어 있다.

[0124] 도 21은 안과용 문헌에서 일반적으로 문서화되어 있는 바와 같은 눈모임(2100)과 초점 길이 상태들(2102, 2104, 2106) 사이의 상관관계의 일례를 도시한다. 원초점(far focus) 상태(2102, 2106)에 있을 때, 눈모임의 정도는 낮다. 근초점 상태(2104)에 있을 때, 눈모임의 정도가 높다. 전자 안과용 렌즈의 상태를 변경하기 위해 시스템 제어기(예컨대, 도 19의 요소(1906))에서 임계치(2108)가 설정될 수 있는데, 예를 들어, 임계치를 양의 방향으로(going positive) 넘어갈 때 추가 도수를 갖도록 가변 광학계의 초점을 맞추고, 이어서 임계치를 음의 방향으로(going negative) 넘어갈 때 추가 도수를 갖지 않도록 가변 광학계의 초점을 맞춘다.

[0125] 눈 추적은 사람이 보고 있는 곳, 즉 주시점, 또는 머리에 대한 눈의 움직임 둘 모두 또는 어느 하나를 결정하는 프로세스이다. 사람의 시선 방향은 머리의 배향 및 눈들의 배향에 의해 결정된다. 보다 구체적으로, 사람의 머리의 배향은 시선의 전체적인 방향을 결정하는 반면, 사람의 눈들의 배향은 정확한 시선 방향을 결정하는데, 이는 이어서 머리의 배향에 의해 제한된다. 사람이 주시하고 있는 곳의 정보는 이러한 정보 및 사람의 관심 초점을 결정하는 능력을 제공한다.

[0126] 본 발명에 따른 눈 추적이 전체 또는 미세 추적 모니터링을 위해 설정될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다.

[0127] 도 22a 및 도 22b는 사용자의 우측에 있는 물체(도시되지 않음)를 관찰하는 한 쌍의 눈들(2201)을 도시한다. 도 22a는 눈들(2201)의 전방 사시도를 도시하는 반면, 도 22b는 눈들(2201)의 상부 사시도를 도시한다. 우측 위치가 예시의 목적을 위해 사용되지만, 관찰 중인 물체는 눈 시선의 대응하는 변화들을 갖는 3차원 공간에서의 임의의 가지 지점에 있을 수 있음을 이해해야 한다. 과장하여 도시된 바와 같이, 동공들(2203)은 둘 모두 우측을 향해 대면하고 있다. 동공들(2203)과 관찰 중인 물체 사이에 그려진 라인들(2205)은, 물체가 눈들(2201) 사이의 거리보다 눈들(2201)로부터 훨씬 더 멀리 있는 것으로 예시되기 때문에 거의 평행하다. 각도(2207)는 90도 미만인 반면, 각도(2209)는 90도 초과이다. 이러한 각도들은, 멀리 있는 물체를 똑바로 주시할 때 각도들이 둘 모두 90도였던 것, 또는 인근의 물체를 똑바로 주시할 때 둘 모두 90도 미만인 것과는 대조적이다. 2개의 치수들에서 예시되는 바와 같이, 각도는 시선 위치를 결정하는 데 사용될 수 있거나, 또는 보다 일반적으로는, 눈 움직임의 샘플들이 눈 시선의 절대 및 상대 위치 및 움직임을 결정하는 데 이용될 수 있다.

[0128] 도 23은 다양한 시선 방향들과 연관된 기하학적 시스템들을 도시한다. 도 23은 평면도이다. 눈들(2301, 2303)은 A, B, C, D, 및 E로 라벨링된 다양한 타겟들을 주시하는 것으로 나타나 있다. 라인은 각각의 눈(2301, 2303)을 각각의 타겟에 연결한다. 양쪽 눈들(2301, 2303)을 연결하는 라인에 더하여 눈들(2301, 2303)을 주어진 타겟과 연결하는 2개의 라인들 각각에 의해 삼각형이 형성된다. 예시에서 알 수 있는 바와 같이, 각각의 눈(2301, 2303)에서의 시선 방향과 2개의 눈들(2301, 2303) 사이의 라인 사이의 각도들은 각각의 타겟에 대해 다르다. 이러한 각도들은 센서 시스템에 의해 측정될 수 있거나, 간접적인 센서 측정들로부터 결정될 수 있거나, 또는 오직 예시의 목적을 위해 나타내질 수 있다. 예시를 간략화하기 위해 2차원 공간에서 나타내었지만, 추가적인 축의 대응하는 추가로 3차원 공간에서 시선이 발생한다는 것이 명백할 것이다. 타겟들(A, B)은 눈들(2301, 2303)에 비교적 가깝게 나타나 있어, 예를 들어 근초점 조절로 관측되게 된다. 타겟(A)은 양쪽 눈들(2301, 2303)의 우측에 있고, 따라서 양쪽 눈들(2301, 2303)은 우측을 향하고 있다. 2개의 눈들(2301, 2303)

을 연결하는 라인과 동일 선상에 있는 것으로 도시된 수평 축과 시선 방향 사이의 시계반대방향으로 형성된 각도를 측정하면, 두 각도들은 타겟(A)에 대해 예각이다. 이제 타겟(B)을 참조하면, 눈들(2301, 2303)은 양쪽 눈들(2301, 2303)의 전방에 그리고 그 사이에 있는 타겟 상에 모인다. 따라서, 수평 축 및 시선 방향으로부터 시계반대방향으로서 앞서 정의된 각도는 우측 눈(2303)에 대해 둔각이고 좌측 눈(2301)에 대해 예각이다. 적합한 센서 시스템이 관심의 적용을 위해 적합한 정확도로 타겟들(A, B) 사이의 위치 차이를 구별할 것이다. 우측 눈(2303)이 타겟(B)과 동일한 시선 방향 및 각도를 갖는 특별한 경우에 대해 중간 거리에 타겟(C)이 나타나 있다. 시선 방향은 타겟들(B, C) 사이에서 달라서, 시선 방향 결정 시스템이 양쪽 눈들(2301, 2303)로부터의 입력들을 사용하여 시선 방향을 결정할 수 있게 한다. 추가로, 다른 타겟(F)(도시되지 않음)이 3차원 공간에서 타겟(B) 위에 놓이는 경우가 예시될 수 있다. 도 23에 도시된 2차원 예시로 투사되는 그러한 예에서, 수평 축으로부터의 각도들은 타겟(B)에 대해 예시된 것들과 동일할 것이다. 그러나, 3차원 공간으로 연장되는 페이지에 수직인 각도들은 타겟들 사이에서 동일하지 않을 것이다. 최종적으로, 타겟들(D, E)이 멀리 있는 물체들로서 나타나 있다. 이러한 예들은, 시선 속에 있는 물체가 더 멀리 떨어져 있기 때문에, 멀리 있는 지점들 사이에서 눈들(2301, 2303)에서의 각도 차이는 작아짐을 예시한다. 시선 방향을 검출하기 위한 적합한 시스템은, 작고 멀리 있는 물체들 사이를 구별하기 위해 충분한 정확도를 가질 것이다.

[0129] 시선 방향은 임의의 개수의 적합한 디바이스들에 의해, 예를 들어, 동공들을 관찰하기 위한 홍채-대면 광검출기들로 또는 눈들의 움직임을 추적하기 위한 가속도계들로 결정될 수 있다. 신경근 센서들이 또한 이용될 수 있다. 눈 움직임을 제어하는 6개의 외안근들을 모니터링함으로써, 정밀한 시선 방향이 결정될 수 있다. 현재 및 과거 센서 입력들을 고려하는 위치 계산 시스템에 더하여 이전 위치 및/또는 가속도를 저장하기 위한 메모리 요소가 요구될 수 있다. 또한, 도 19a 및 도 19b에 도시된 시스템은 본 발명의 시선 추적 시스템에 동일하게 적용가능하다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기는 3차원 공간에서 시선 기하학적 형상들을 고려하도록 프로그래밍된다.

[0130] 시력측정의 업계에서 눈들이 정지 물체를 주시할 때 완전히 안정되게 유지되는 것은 아니라는 것이 알려져 있다. 오히려, 눈들은 빠르게 앞뒤로 움직인다. 시선 위치를 검출하기 위한 적합한 시스템은 시각적 생리 기능을 고려하기 위해 필요한 필터링 및/또는 보상을 포함할 것이다. 예를 들어, 그러한 시스템은 사용자의 자연스러운 눈 거동들로 특별히 조정된 알고리즘 또는 지역 통과 필터를 포함할 수 있다.

[0131] 획득 샘플링 신호 처리 블록 및 시스템 제어기(도 19b에서 각각 1904 및 1906)의 활동들은 이용가능한 센서 입력들, 환경, 및 사용자 반응들에 좌우된다. 입력들, 반응들, 및 결정 임계치들은 안과용 연구, 사진 프로그래밍, 훈련, 및 적응적/학습 알고리즘들 중 하나 이상으로부터 결정될 수 있다. 예를 들어, 눈 움직임을 일반적인 특징들은 문헌에 문서화가 잘 되어 있고, 사용자들의 광범위한 집단에 적용가능하고, 시스템 제어기 내로 사진 프로그래밍될 수 있다. 그러나, 전자 안과용 디바이스의 동작 시에 응답을 계속해서 개량하는 적응적/학습 알고리즘의 일부 또는 훈련 세션에서 일반적으로 예상된 응답으로부터의 사람의 편차들이 기록될 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 사용자가 근초점을 원할 때, 사용자는 디바이스와 통신하는 핸드헬드 포브를 활성화함으로써 디바이스를 훈련시킬 수 있다. 이어서, 디바이스에서의 학습 알고리즘은 내부 결정 알고리즘들을 개량하기 위해 포브 신호 전후에 메모리 내의 센서 입력들을 참조할 수 있다. 이러한 훈련 기간은 하루 또는 임의의 다른 적합한 기간 동안 지속될 수 있고, 그 후에 디바이스는 센서 입력들만으로 자율적으로 동작하고 포브를 필요로 하지 않을 것이다.

[0132] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 급전식 또는 전자 안과용 렌즈는 홍채-대면 동공 직경 센서를 포함한다. 동공들의 크기 및 그의 변화들; 즉, 확장 및 수축은 전자 또는 급전식 콘택트 렌즈의 하나 이상의 태양들을 제어하는 데 이용될 수 있다. 다시 말하면, 동공 센서로부터 출력되는 신호들은 시스템 제어기에 입력될 수 있는데, 시스템 제어기는 이어서 입력에 기초하여 특정 작용을 취하고 경보 메커니즘으로 신호를 출력한다.

[0133] 홍채는 눈의 전안방과 후안방 사이의 구획부이다. 홍채는 수정체와 마찬가지로 모양체근에 연결된다. 홍채는 일반적으로 동공이라고 지칭되는, 그의 중심 개구를 조절하는 2개의 근육들로부터 형성된다. 카메라의 셔터와 유사하게, 동공은 2개의 근육들의 작용들을 통해, 눈에 들어가는 광량을 제어한다. 동공의 크기는 나이, 홍채의 색상, 및 굴절 오차(만약 있다면)에 따라 다르지만; 다수의 다른 인자들이 임의의 주어진 시간에 동공들의 크기에 영향을 미칠 수 있다. 홍채는 끊임없이 팽 및 감정에 반응하고, 따라서 임의의 센서들은, 동공의 크기가 변할 수 있는 다른 이유들과 함께, 이후에 더욱 상세하게 설명되는 바와 같은 이러한 통상의 변동들을 고려해야 한다. 추가로, 동공 크기는 뇌신경 손상을 비롯한 소정 질환들에 대해 양호한 진단 도구일 수 있다.

- [0134] 동공들은 소정 약제들, 예를 들어 아트로핀(atropine)과 같은 안근 마비 약물(cycloplegic drug)의 사용으로부터 확장될 수 있다. 동공들은 제3 뇌신경의 마비의 결과로서 확장될 수 있다. 동공은 급성 협각 녹내장(acute narrow-angle glaucoma) 후에 광 자극 및 공감 광 자극을 지향시키기 위해 확장되고 고정될 수 있다. 대안적으로, 동공들은 필로카르핀(pilocarpine)과 같은 녹내장 약들의 사용으로부터 수축될 수 있다. 다른 약물들, 예를 들어, 모르핀이 동공들의 수축을 야기한다. 또한, 소정 질환들, 예를 들어, 홍채염, 눈의 교감신경 경로들의 방해 및 각막의 자극성 병변이 또한 동공들의 수축을 야기할 수 있다. 동공동요(hippus)는 동공들의 돌발적이고 주기적이지만 불규칙적인 확장 및 수축이고, 다수의 질환들을 나타낼 수 있다.
- [0135] 놀람, 공포 및 고통을 포함하는 외부 정신적 영향들이 또한 동공들이 확장하게 한다. 희미한 광은 동공들이 확장하게 하는 반면, 밝은 광은 동공들이 수축하게 한다. 또한, 사람이 근거리 물체에 초점을 맞출 때, 예를 들어, 책을 읽을 때, 동공들은 약간 수축하고 모이는데, 이는 조절 반사라고 일반적으로 지칭된다. 따라서, 달리 건강해진 눈들에서 특정 동공 반응을 야기하는 소정 인자들이 알려져 있기 때문에, 동공들의 반응을 감지하는 것이 제어 수단으로서 이용될 수 있다. 예를 들어, 동공 수축이 단독으로 또는 눈모임과 조합하여 검출되는 경우, 시스템 제어기는 급전식 콘택트 렌즈 내에 포함되는 가변 도수-광학계의 상태를 변경하기 위해 액추에이터로 신호를 전송할 수 있다.
- [0136] 이제 도 24를 참조하면, 동공 직경 센서를 갖는 급전식 콘택트 렌즈가 도시되어 있다. 콘택트 렌즈(2400)는 사람의 눈(2401) 상에 위치설정된다. 눈(2401)의 홍채는 2개 수준의 직경, 수축된 직경(2403) 및 확장된 직경(2405)으로 나타나 있다. 콘택트 렌즈(2400)는 홍채를 포함하는 눈(2401)의 일부분을 덮는다. 콘택트 렌즈(2400)는 제1 예시적인 동공 직경 센서(2402) 및 전자 구성요소(2404)를 포함한다. 콘택트 렌즈(2400)는 본 발명에서 논의되는 바와 같이 다른 센서들을 포함할 수 있다.
- [0137] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 동공 직경 센서(2402)는 홍채 위의 콘택트 렌즈(2400) 내에 위치설정된다. 도시된 바와 같이, 동공 직경 센서(2402)는 모든 가능한 동공 직경들을 덮는 얇은 스트립이며, 이는 그것이 모든 수준들의 동공 직경을 검출하도록 허용한다. 이러한 예시적인 실시 형태에서와 같이, 스트립으로서 구현되는 경우, 스트립은 눈(2401)에 입사되는 광을 방해하지 않도록 얇고 투명하다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 동공 직경 센서(2402)는 홍채를 향하는 또는 그로 다시 대면하는 광검출기들의 어레이를 포함한다. 동공 직경에 따라, 홍채의 중심으로부터 다양한 거리들에서의 센서들은 상이한 반사된 광을 검출할 것이다. 예를 들어, 홍채가 확장될 때, 대부분의 센서들은 크고 어두운 동공 때문에 광을 거의 검출하지 못할 수 있다. 역으로, 홍채가 수축될 때, 대부분의 센서들은 홍채에서의 반사 때문에 보다 많은 광을 검출할 수 있다. 그러한 센서의 경우, 주변 광 수준 및 홍채 색상이 시스템 설계 시에, 예를 들어, 사용자별 프로그래밍 및/또는 교정에 의해 고려될 필요가 있을 수 있음을 이해해야 한다. 그러한 주변 광 센서는 동공 직경 센서(2402)의 홍채-대면 센서들을 보완하기 위해 전방-대면 광센서로서 구현될 수 있다. 눈 앞의 광학 구역의 방해를 최소화하기 위해, 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 동공 직경 센서(2402)는 인듐-주석 산화물과 같은 투명 전도체들 및 작고 얇은 구조 광센서들을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0138] 예시적인 대안 실시 형태에서, 동공 직경 센서(2402)는 단지 선형 스트립과는 대조적으로 커버리지를 최대화하기 위해 홍채 주위에 위치설정된 센서들의 어레이로서 구현될 수 있다. 성능, 비용, 편안함, 수용, 및 다른 메트릭(metric)들을 최대화하기 위해 다른 물리적 구성들이 가능함을 이해해야 한다.
- [0139] 동공 직경 센서(2402)는 다른 전자기기와 통합될 수 있거나, 자체적으로 기능할 수 있거나, 또는 전자 구성요소(2404)의 제어기 부분과 같은 다른 디바이스에 연결될 수 있다. 이러한 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기는 동공 직경 센서(2402)를 샘플링하고, 동공 직경 센서(2402)로부터의 결과들에 따라, 착용자의 의학적 질환 또는 건강을 모니터링하는 데 사용된 그리고/또는 시스템 내에 있는 다른 구성요소(도시되지 않음)를 활성화시킬 수 있다. 전원(도시되지 않음)은 동공 직경 센서(2402), 제어기, 및 전자 안과용 시스템의 다른 구성요소들에 전류를 공급한다.
- [0140] 그러한 시스템은 예시되고 기술된 것들과 같은 검출기들뿐만 아니라 방출기들(도시되지 않음)도 요구할 수 있다. 그러한 방출기들은, 예를 들어, 동공 직경 센서(2402)의 광센서들에 매칭되는 발광 다이오드들을 포함한다. 대안적으로, 방출기들은 동공 직경 센서(2402) 내의 초음파 수신기들에 결합된 압전 초음파 트랜스듀서들을 포함할 수 있다. 또 다른 예시적인 실시 형태에서, 센서들 및 방출기들은, 예를 들어, 눈을 통해 저전류 신호를 통과시키고 눈에 걸친 전압의 변화들을 측정함으로써 임피던스 검출 시스템을 생성할 수 있다.
- [0141] 도 25는 대안적인 동공 직경 센서를 갖는 콘택트 렌즈(2500)를 도시한다. 콘택트 렌즈(2500)는 사람의 눈(2501) 상에 위치설정된다. 눈(2501)의 홍채는 2개 수준의 직경, 수축된 직경(2503) 및 확장된 직경(2505)으로

나타나 있다. 콘택트 렌즈(2500)는 홍채를 포함하는 눈(2501)의 일부분을 덮는다. 도 24에 도시되고 전술된 바와 같이 동공을 부분적으로 덮는 검출기들의 어레이 또는 스트립 보다는 오히려, 도 25의 시스템은 동공 직경 센서 또는 센서들(2502)을 최대 동공 직경(2505)의 외측에 그러나 여전히 콘택트 렌즈(2500)의 내측에 위치설정한다. 이러한 구성은, 동공 직경 센서(2502)로 인한 광학 구역의 어떠한 잠재적인 방해도 발생하지 않기 때문에 유익하다. 동공 직경 센서 또는 센서들(2502)은, 예를 들어, 단일- 또는 다중-턴 코일 안테나를 포함할 수 있다. 그러한 안테나는 홍채를 제어하는 근육들이 수축하고 이완됨에 따라 눈으로부터 전자기 방사선을 수신할 수 있다. 예를 들어, 접촉 전극들, 정전용량성 센서들, 및 안테나들을 이용하여, 전자기 방출들의 변화들을 통하여 눈의 근육 및 신경 활동이 검출될 수 있음이 관련 업계에서 잘 알려져 있다. 이러한 방식으로, 근육 센서에 기초한 동공 직경 센서가 구현될 수 있다. 동공 직경 센서(2502)는 또한, 눈에 걸친 임피던스를 측정하도록 설계된 하나 이상의 접촉- 또는 정전용량성 전극들로서 구현될 수 있다. 눈에서의 모양체근 활동, 및 그에 따라 초점 상태를 변경하고자 하는 요망을 결정하기 위해 임피던스의 변화들을 사용하는 다른 제안된 시스템들과 유사하게, 임피던스가 동공 직경의 변화들을 검출하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 홍채 및 동공에 걸쳐 측정된 임피던스는 동공 직경에 따라 크게 변화될 수 있다. 눈 상의 적절한 위치에 배치되고 눈에 적절히 결합된 동공 직경 센서(2502)가 이러한 임피던스의 변화들 및 그에 따라 동공 직경을 검출할 수 있다. 전술된 바와 같이 콘택트 렌즈(2500)는 또한 전자 구성요소(2504)를 포함할 수 있다.

[0142] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 도 19b에 도시된 시스템은, 도 24 및 도 25에 도시된 바와 같은 동공 직경 센서(들)인 센서(1902)를 갖는다. 동공 직경 센서(1902)는 앞서 기술된 바와 같은 동공 직경 센서들 중 하나 이상, 예를 들어, 광센서들, 안테나들, 또는 임피던스 센서들을 포함한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 센서들의 성능을 구현 또는 개선하는 데 필요한 임의의 방출기들이 간략화를 위해 요소(1902) 내에 포함된다. 요소(1902)는, 아마도 상이한 기술들 및 센서 방법들로 구현되는, 1902와 같은 다수의 센서들, 또는 다수의 센서 블록들을 포함할 수 있다. 신호 프로세서(1904)는 센서(1902)와 시스템 제어기(1906) 사이의 인터페이스이다. 신호 조절 요소(1904)의 출력은, 시스템 제어기(1906)에 입력되는 센서 데이터의 포함된 신호이다. 앞서 논의된 바와 같은 시스템 제어기(1906)는 경보 메커니즘(1908)에 출력을 제공하기 위해 다수의 센서들(1902)로부터의 입력들(개수 및 유형 둘 모두의 측면에서)을 고려할 수 있다. 송수신기(1910)가 시스템 내에 포함되어, 외부 디바이스, 예를 들어 인접한 눈 상에 장착된 제2 콘택트 렌즈, 안경 렌즈들, 스마트폰, 또는 다른 디바이스로 데이터를 전송 및/또는 그로부터 데이터를 수신할 수 있다. 그러한 통신은 안테나(1912), 아마도 전자기 안테나 또는 발광 다이오드/광다이오드 센서 조합을 통하여 발생한다.

[0143] 도 26은 x-축 상의 시간에 대해 플롯된 주변 광(2602) 및 동공 직경(2604)을 도시하여, 이러한 2개의 측정된 양들 사이의 차이들이 어떻게 콘택트 렌즈와 같은 전자 안과용 디바이스를 활성화하는 데 사용될 수 있는지를 예시한다. 제1 기간(2601) 동안, 주변 광 수준(2602)이 증가하고 있는 반면, 동공 직경(2604)은 감소하고 있다. 주변 광 및 동공 직경은 앞서 기술된 바와 같이, 예를 들어, 전방-대면 광다이오드 및 홍채-대면 임피던스 센서에 의해 각각 감지될 수 있다. 일반적으로 그러하듯이, 주변 광이 기간(2601)에 증가함에 따라, 동공 직경이 감소한다. 이것은 홍채의 개구(aperture)를 감소시킴으로써 망막 상에 비교적 일정한 광 세기를 유지하기 위해 일어나는 일반적인 반응이다. 기간(2603)에, 주변 광 수준(2602)은 먼저 계속해서 증가하고 이어서 수평을 유지한다. 그러나, 동공 직경(2604)은 이전 기간에서보다 더 빠르게 수축된다. 이것은 주변 광과 동공 직경 사이의 고전적인 상관관계가 아니다. 이러한 반응은, 아마도 가까이에 유지된 책에 대한, 동공의 협각 반응에 의해 야기될 수 있는데, 주변 광 검출기의 광각 반응에 대비된다. 이러한 방식으로, 동공 직경 반응의 변화가 검출될 수 있고, 전자 안과용 디바이스에서의 기능을 활성화하는 데 사용될 수 있다. 기간(2605)에, 주변 광(2602)은 계속해서 편평하지만, 동공 직경(2604)은 확대 또는 증가된다. 또한, 이것은 눈에서의 특정 반응, 예를 들어, 조절 반사에 의해 야기될 수 있다. 기간(2607)에, 수평으로 시작하고 이어서 감소되는 주변 광 수준(2602)과 편평하게 유지되는 동공 직경(2604) 사이에 차이가 또 다시 있다. 또한, 이것은 눈에서의 소경 반응들을 검출하고 전자 안과용 디바이스의 동작의 변화들을 트리거하는 데 사용될 수 있다. 최종적으로, 기간(2609)에서, 기간(2601)에 나타낸 것과 유사하게 고전적인 반응이 또 다시 관찰된다. 주변 광 수준(2602)이 감소함에 따라, 동공 직경(2604)은 더 많은 광을 들어오게 하기 위해 확대된다.

[0144] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 신호 조절 블록 및 시스템 제어기(도 19b에서 각각 1904 및 1906)의 활동들은 이용가능한 센서 입력들, 환경, 및 사용자 반응들, 예를 들어, 도 26에 도시된 바와 같은 주변 광 수준 및 동공 직경에 좌우된다. 입력들, 반응들, 및 결정 임계치들은 안과용 연구, 사전 프로그래밍, 훈련, 및 적응적/학습 알고리즘들 중 하나 이상으로부터 결정될 수 있다. 예를 들어, 동공 확장 대 주변 광의 일반적인 특징들은 문헌에 문서화가 잘 되어 있고, 사용자들의 광범위한 집단에 적용가능하고, 시스템 제어기(1906) 내로 사전 프로그래밍될 수 있다. 그러나, 전자 안과용 디바이스의 동작 시에 응답을 계속해서 개량하는 적응적/학습

알고리즘의 일부 또는 훈련 세션에서 일반적으로 예상된 응답으로부터의 사람의 편차들, 예를 들어, 도 26의 기간들(2603, 2605, 2607)에 예시된 편차들이 기록될 수 있다. 일 예시적인 실시 형태에서, 사용자가 근초점을 원할 때, 사용자는 디바이스와 통신하는 핸드헬드 포브를 활성화함으로써 디바이스를 훈련시킬 수 있다. 이어서, 디바이스에서의 학습 알고리즘은 내부 결정 알고리즘들을 개량하기 위해 포브 신호 전후에 메모리 내의 센서 입력들을 참조할 수 있다. 이러한 훈련 기간은 하루 또는 임의의 다른 적합한 기간 동안 지속될 수 있고, 그 후에 디바이스는 센서 입력들만으로 자율적으로 동작하고 포브를 필요로 하지 않을 것이다.

[0145] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 동공 확장 센서는 착용자에 대한 광-트리거된 동공 확장 시험을 제공하기 위해 깜빡임 검출을 위한 광검출기 센서들과 조합하여 사용된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기는, 확장된 동공을 유발하기에 충분한 크기의 것일 수 있는 빠른 광 수준 변화에 대해 광검출기 센서를 모니터링한다. 그러한 실시 형태에서, 시스템 제어기는 또한 빠른 광 수준 변화가 검출될 때 동공 크기 변화를 검출할 수 있는 비교가 있도록 동공 크기에 대해 동공 확장 센서(들)를 모니터링할 것이다. 시스템 제어기는, 예를 들어, 시스템 제어기 내의 레지스터들 또는 버퍼 메모리(들)에 저장된 데이터와의 비교를 위해 광 변화 임계치 및 동공 확장 임계치를 포함하는 템플릿을 가질 것이다. 광 변화 임계치가 충족되고 동공 확장 임계치가 충족되지 않을 때, 시스템 제어기는 착용자에게 의학적 질환이 발생하였다고 결정할 것이다. 변화는 최신 센서 판독값 내지 현재 센서 판독값과의 비교를 실행할 것이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 최신 센서 판독값은 센서들의 높은 샘플링 레이트가 있는 구현예를 보상하기 위해 미리 결정된 기간 내의 판독값이다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 시스템 제어기는 또한, 특히 의학적 로깅 구현예에서 둘 모두의 임계치들이 초과될 때 관련 데이터를 저장할 수 있다.

[0146] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 급전식 또는 전자 안과용 렌즈는, 홍채-대면하고 있는 맥박 산소측정기 센서를 포함한다. 맥박 산소측정기 센서는, LED와 같은 적어도 하나의 광원, 및 광원에서 유래되는 눈으로부터의 다시 반사된 광을 수신하기 위한 적어도 하나의 광센서를 포함한다. 도 27 및 도 28은 맥박 산소측정기 센서(2710) 및 시스템 제어기(2730)를 갖는 예시적인 렌즈(2700)를 도시한다. 도시된 맥박 산소측정기 센서(2710)는 적어도 하나의 광원(2712) 및 적어도 하나의 광센서(2714)를 포함한다. 광원(2712)과 광센서(2714) 둘 모두는 신호 프로세서(2716)와 전기 통신 상태에 있고, 신호 프로세서는 광센서(2714)의 출력을 처리하고, 예를 들어 산소측정기 신호로 광원(2712)을 구동시킨다. 신호 프로세서(2716)는 출력을 시스템 제어기(2730)에 제공한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 신호 프로세서(2716)는 시스템 제어기(2730) 내에 포함된다. 본 명세서에서의 다양한 다른 예시적인 실시 형태들에 논의된 바와 같이, 콘택트 렌즈(2700) 상에 이러한 구성요소들 이외에 다양한 다른 구성요소들이 존재할 수 있다.

[0147] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 광원은 적외선 광원 및/또는 근적외선 광원을 포함한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 광원이 하나의 광 방출기일 때, 그것은 2개의 파장들을 갖는 광을 출력하도록 구성된다. 제1 파장은 약 660 nm인 한편, 제2 파장은 약 940 nm이다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 광원이 2개의 광 방출기들을 포함하는 경우, 제1 광 방출기는 약 660 nm의 파장을 갖는 광을 생성할 것이고, 제2 광 방출기는 약 890 nm 내지 약 950 nm 범위의 파장을 갖는 광을 생성할 것이다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 광원 또는 광원들은 20 nm 내지 50 nm 범위의 대역폭을 갖는다.

[0148] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 광센서는 본 명세서에서 앞서 논의된 광검출기들 중 임의의 것으로부터 선택된다. 광센서는 광원에 매칭될 수 있는데, 예를 들어, 광원의 피크 출력 파장에 가까운 피크 응답 파장 및 유사한 대역폭을 갖는다.

[0149] 도 28에 도시된 바와 같은 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템은

[0150] 통신 회로(2870)를 추가로 포함하는데, 통신 회로는 처리를 위해 외부 디바이스로 전송되도록 광검출기로부터의 출력의 송신을 허용한다.

[0151] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 광원 및 광검출기는 그들이 서로 아주 가깝다는 것에 기초하여 반사 맥박 산소측정을 수행하도록 배열된다. 적어도 하나의 예시적인 대안 실시 형태에서, 광원 및 광검출기는, 착용자의 각막 및 홍채를 통해 광을 통과시킴으로써 송신 맥박 산소측정을 제공하기 위해 콘택트 렌즈의 서로 반대편인 예지들 상에 위치되도록 배열된다. 서로 반대편인 예지들 상의 그들의 위치는, 센서 및 광원이 제조 및/또는 안전 고려사항들을 위해 그들과 예지 사이에 충분한 렌즈 재료가 존재할 수 있도록 예지에 근접해 있다는 것이다.

[0152] 도 29에 도시된 바와 같은 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈(2900)는 렌즈 저장 케이스로부

터의 제거 및 착용자의 눈 내로의 콘택트 렌즈의 삽입 중 적어도 하나를 검출하기 위한 센서(2910)를 포함한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 착용자의 눈 내로의 콘택트 렌즈의 삽입은 시스템 제어기(2920)에 의한 의료 모니터링을 활성화할 것이다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 삽입은 경보 메커니즘(2922) 내의 누산기의 구동을 개시할 것이다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 착용자의 눈으로부터의 콘택트 렌즈의 제거는 시스템 제어기(2920)에 의한 의료 모니터링을 종료할 것이다. 검출을 제공할 센서들의 예는 압력 센서, 리드 스위치, 염도 센서, 바이오센서 및 정전용량성 센서를 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 이러한 센서들은 저장 용기로부터의 콘택트 렌즈의 제거 후에 발생하는 광의 존재를 검출하기 위해 광 센서와 관련하여 동작한다. 센서 실시 형태에 대한 추가의 예시적인 실시 형태에서, 센서를 모니터링하는데 사용되는 샘플링 레이트는 눈으로부터의 콘택트 렌즈의 제거의 검출을 허용하는 동안 전력을 보존하기 위해 모니터링되는 이벤트의 검출 후에 느려질 수 있다. 이전 실시 형태에 대한 예시적인 대안 실시 형태에서, 센서는 눈 상에 배치되어 있는 콘택트 렌즈의 검출 시에 비활성화될 것이다.

[0153] 압력 센서는 다양한 형태들을 취할 수 있다. 일례는 아날로그-디지털 변환기를 통하여 시스템 제어기에 접속되는 홍채-대면(또는 후방-대면) 압력 센서이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 홍채-대면 압력 센서는 콘택트 렌즈 내에 부분적으로 봉지되는 한편, 아날로그-디지털 변환기는 콘택트 렌즈 내에 완전히 봉지되고 콘택트 렌즈 내에 존재하는 임의의 회로 기판의 일부로서 포함된다. 시스템 제어기는 데이터 수집이 시스템 제어기에 의해 시작되어야 한다는 것을 나타내는 삽입 임계치를 초과하여 압력 센서로부터의 신호를 수신할 때 누산기를 리셋한다. 시스템 제어기는 경보 메커니즘으로 신호를 전송하여, 압력 센서로부터의 신호가 콘택트 렌즈가 제거되었음을 나타내는 삽입 임계치를 밀돌고 추가 데이터 수집이 불필요할 때 현재 누산기 값을 저장한다. 안검이 열려 있음을 시스템 제어기가 검출할 때에만 시스템 제어기는 미리 결정된 스케줄로 압력 센서를 샘플링한다. 압력 센서의 다른 예는 저장 용기 내에 존재하는 식염수로부터의 압력의 제거를 검출하고 콘택트 렌즈의 다른 기능을 활성화하기 위해 신호를 제공하는 압력 센서이다. 압력 센서의 추가 예는 인터디지털 트랜스듀서(IDT)를 갖는 표면 탄성과 공진기이다. 또 다른 예는 압력 있음 또는 압력 없음을 검출하지만 압력의 수준을 검출하지는 않는 2진 접촉 압력 센서이다.

[0154] 일례는 콘택트 렌즈 내의 회로를 완성하는 리드 스위치의 이용인데, 회로는 콘택트 렌즈가 사용을 위해 저장 용기로부터 제거될 때 압력의 제거 또는 콘택트 렌즈의 삽입 시에 착용자의 눈으로부터의 압력의 적용에 의해 회로 요소들의 나머지에 전력을 제공한다. 각각의 이벤트 발생 시에, 리드 스위치는 닫히고 회로를 완성하여 시스템 제어기와 전원 사이의 전기 접속을 제공할 것이다. 시스템 내의 리드 스위치 사용의 다른 예는 스위치가 활성화될 때 2진 출력을 제공하는 것인데, 여기서 2진 출력은 회로를 완성하는 것과는 대조적으로 스위치 닫힘(또는 스위치의 배향에 따라 열림)의 표시를 제공한다.

[0155] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 염도 센서 또는 바이오센서는 누액 내에 존재하는 염도 또는 다른 화학물질을 검출할 것이다. 모니터링될 수 있는 물질들의 예는 병원, 바이오마커, 활성제, 및 화학물질을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 바이오센서의 일례는 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 저항 탭인데, 이는 모니터링되는 물질과 결합할 수 있어서 존재하는 물질의 양이 증가 및/또는 감소함에 따라 증가 또는 감소하는 저항을 초래한다. 다른 예는 특정 분자와 반응할 수 있는 물질, 재료 또는 혼합물을 함유하는 반응성 튜브(들)인데, 여기서 반응은 모니터링되는 화학물질의 존재를 나타낼 것이다. 또 다른 예는 바이오센서로서, 표면이 소정 물질에 대해 친화력을 갖도록 기능화되고, 센서의 전기 특성, 예를 들어 정전용량 또는 전압이 센서가 기능화되는 물질의 존재에 응답하여 변하는 바이오센서이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 모니터링되는 화학물질이 누액 내의 일부 물질의 농도에 관련되는 경우, 반응은 그 물질에 의해 직접 발생할 수 있거나 또는 모니터링되는 물질의 농도를 나타낼 수 있는 별개의 물질에 의해 발생할 수 있다. 다른 예에서, 다른 전기활성 생물학적 구성요소들이 특정한 튜브 내의 전도성에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 튜브는 모니터링되는 물질과는 다른 물질들과의 간섭을 최소화하기 위해 선택적인 장벽으로 라이닝될 수 있거나 그를 포함할 수 있다. 모니터링되는 물질의 존재에 응답하여 증가하는 전도성을 갖는 튜브에 대한 대안으로, 튜브는 그 대신에 모니터링되는 물질의 존재 시에 증가하는 저항을 가질 수 있다. 추가 예는 특정 물질 또는 화학물질에 선택적으로 투과가능하거나 또는 그에 유인되는 재료를 포함하는 중공 튜브를 가질 것이다. 이러한 예들 중 임의의 것 하에서, 2진 출력을 증가하는 물질의 수준의 등급화된 표시를 제공하는 것이 가능할 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 염도 센서 및/또는 바이오센서는 착용자의 상태 또는 적어도 하나의 의학적 질환을 모니터링하기 위해 시스템 제어기(130)에 의해 사용되는 도 1a 및 도 1d 내지 도 1f의 센서들(110', 120') 중 하나이다.

[0156] 정전용량성 센서는 후방 대면하거나 또는 전방 대면하고 있을 수 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 센서는 착용자의 눈에 의한 접촉을 허용하기 위해 홍채-대면 센서일 것이다. 추가의 예시적인 실시

형태에서, 일단 접촉이 콘택트 렌즈가 삽입되었음을 나타내는 삽입 임계치를 초과하여 정전용량의 변화를 야기하면, 센서는 비활성화되거나 또는 그의 샘플링 레이트가 감소되게 한다. 그러나, 센서가 전방 대면하고 있는 경우, 삽입 임계치를 초과하여 정전용량을 변경하는 안검들 중 하나의 안검에 의한 접촉은 콘택트 렌즈의 삽입을 확인할 것이다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 전방-대면 정전용량성 센서는 또한 안검들의 위치의 검출을 위해 사용될 것이다.

[0157] 다수의 전자 구성요소들을 갖는 급전식 안과용 렌즈들과 같이, 다수의 센서들을 포함할 수 있는 복잡한 시스템들에서, 적어도 하나의 실시 형태에서 수면 판정의 거짓 양성 트리거 또는 거짓 작용들을 개시할 가능성을 감소시킬 수 있다. 다른 예시적인 대안 실시 형태에 따르면, 이 예시적인 실시 형태는 결정 수행 프로세스 및/또는 선출 방식에 관한 것인데, 이는 다수의 센서들로부터의 입력을 이용하여, 부정확한, 불완전한 또는 잘못된 정보에 기초하여 급전식 안과용 렌즈의 상태를 변경할 가능성, 생리적인 조건들을 변경할 가능성, 그리고 내부 및 외부 소스들로부터의 간섭 및/또는 잡음의 가능성을 실질적으로 감소시킨다. 예를 들어, 의료 모니터링 시에, 제어 시스템은 눈 자극 등으로 인한 랜덤 깜박임 패턴에 기초하여 발작과 같은 의학적 질환의 시작을 판정하지 않아야 한다. 의료 모니터링과 마찬가지로, 뇌진탕 또는 정신 손상의 판정이 느려진 눈 움직임들(졸음) 또는 고정된 눈 움직임들(공상(daydreaming))과 혼동되지 않아야 한다. 그러나, 단일 센서로부터의 입력 또는 단일 센서 또는 다른 센서들로부터의 잘못된 정보로 인해, 시스템 제어기에 의해 부정확한 판정이 수행될 수 있다. 예를 들어, 안과용 렌즈에 적용되는 압력을 알지 못하고서, 착용자가 그의 눈을 비비고 압력 센서(들) 상의 안검 압력보다 더 큰 압력을 적용함에도 불구하고 안검들을 단순히 닫는 것이 수면 판정을 트리거할 수 있다. 안검 위치 센서를 갖는 급전식 안과용 렌즈에서, 안검 움직임은 또한 수면 판정을 수행하기 위한 트리거로서 이용될 수 있다. 예를 들어, 사람이 근거리 물체 상의 초점에 이르도록 아래를 응시할 때, 안검들은 처지는 경향이 있고, 그리하여 그것은 안과용 렌즈의 상태를 변경하는 데 이용될 수 있다. 또 다시, 단일 입력만이 이용되는 경우, 사람이 졸음을 느끼고 그의 안검들이 처졌다는 사실로 인해 거짓 작용이 발생할 수 있다. 이러한 센서들 모두가 전자 또는 급전식 안과용 렌즈 내에 포함되는 다양한 시스템들에 의해 구현될 작용에 대한 트리거들로서 이용될 수 있고, 그들 모두는 독립적으로 또는 제한된 조합으로 잠재적으로 오차가 있을 수 있다. 수면 시작을 판정하는 데 직접 관련된 소정 양태들을 검출하고자 의도된 앞서 언급된 센서들에 더하여, 주변 조건들, 잡음 및 간섭을 모니터링함으로써 상태-변화 센서들을 개선시키기 위해 다른 센서들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 깜박임 검출, 안검 위치, 및 동공 직경 센서들의 정확성을 개선시키기 위해 주변 광이 모니터링될 수 있다. 그러한 센서들은, 예를 들어, 동공 모드 잡음 및 간섭을 감산함으로써 다른 센서들을 증대시키기 위해 이용될 수 있다. 센서 입력들은 이력 판독값들(이력 데이터의 일례)을 기록하기 위해 사용될 수 있는데, 이력 판독값들은 이어서 복잡한 결정 알고리즘, 예를 들어, 동공 위치를 결정하기 위해 가속도계 입력들 및 눈 근육 수축 둘 모두를 고려하는 알고리즘에 의해 고려된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에 따른 선출 방식을 이용함으로써 착용자가 잠들었는지 여부를 판정할 때 오차의 가능성을 감소시킬 수 있고, 또한 보다 정확한 측정값들을 허용할 수 있다. 다시 말하면, 수행되는 임의의 주어진 판정에 대해, 주요 센서에 의한 주어진 판정에 대한 입력을 증대시키기 위해 또는 확증적인 증거를 확인하기 위해 이용될 수 있는 센서들이 있다. 또한, 감지된 데이터가, 이외에 또는 대안적인 사용에서, 트리거 이벤트로서보다는 오히려 수집 공정의 일부로서 단순히 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 예를 들어, 감지된 데이터는 의학적 질환을 치료할 시에 수집, 로깅 및 이용될 수 있다. 다시 말하면, 그러한 센서를 이용하는 디바이스가 사용자에게 보이는 방식으로 상태를 변경할 수 없음을 또한 이해해야 하고; 오히려, 디바이스는 데이터를 단순히 로깅할 수 있다.

[0158] 이제 도 30을 참조하면, 의학적 질환이 발생했는지를 판정하기 위해 센서들(3002, 3004, 3006, 3008)이 사용되는 일반적 시스템이 도시되어 있다. 센서들(3002, 3004, 3006, 3008)은 깜박임 작용, 안검 위치, 동공 위치, 콘택트 렌즈 배향, 외부 렌즈 압력, 바이오센서들, 바이오임피던스, 온도, 맥박 산소측정기 등을 비롯한 임의의 개수의 잠재적인 입력들을 포함할 수 있다. 센서들의 개수 및 유형은 용도 및 착용자에 의해 결정된다. 각각의 센서(3002, 3004, 3006, 3008)는 센서 블록, 전용 블록 내에, 또는 시스템 제어기(3010) 내에 포함되는 그 자신의 신호 조절부를 가질 수 있다. 시스템 제어기(3010)는 각각의 센서(3002, 3004, 3006, 3008)로부터의 입력들을 받아들인다. 이어서, 그것은 입력 데이터를 처리하고 비교하는 루틴들을 수행한다. 이러한 입력들에 기초하여, 시스템 제어기(3010)는 경보 메커니즘(3012)이 임의의 판독값들을 기록해야 하는지를 판정한다. 예를 들어, 안검 처짐, 낮은 주변 광, 및 수직 렌즈 배향의 조합은 착용자가 졸리는지를 판정하도록 그리고 경보 메커니즘(3012)에 신호를 보내서 판정을 수행하기 위해 사용되는 적어도 하나의 센서 시스템의 샘플링 레이트를 증가시키도록 시스템 제어기(3010)를 트리거할 수 있다. 마찬가지로, 안검 단힘, 착용자에 대한 수직 배향, 및 외부 안검 압력의 조합은 수면 시작이 아님을 판정하도록 그리고 정규 동작을 계속하도록 시스템 제어기(3010)를 트리거할 수 있다. 안검 단힘, 착용자에 대한 수평 배향의 조합은 수면 시작을 판정하도록 그리고 경보 메

커니즘에 신호를 보내서 착용자의 배향을 고려해 볼 때 수면이 의도적인 수면일 가능성이 있기 때문에 데이터를 기록하도록 시스템 제어기(3010)를 트리거할 수 있다. 다양한 센서들로부터의 입력들은 또한 시스템 제어기의 구성을 변경하여 결정 수행 성능을 개선시키기 위해 이용될 수 있는데, 예를 들어, 주변 광이 감소되는 경우, 제어기는 광센서의 이득을 증가시킬 수 있다. 시스템 제어기는 또한 센서들을 턴 온 및/또는 턴 오프하고, 샘플링 레이트들을 증가 및/또는 감소시키고, 시스템에 다른 변경을 가하여 성능을 최적화할 수 있다. 다양한 시나리오들을 가중시키고/시키거나 그들을 선출하는 알고리즘과 함께 다수의 센서들로부터의 입력들을 이용하는 것은, 거짓 양성을 최소화하는 경향이 있고, 이에 의해 전체 시스템을 보다 신뢰할 수 있게 만드는 경향이 있다.

[0159] 도 31은 시스템 제어기, 예를 들어, 도 30에 도시된 시스템 제어기(3010)가 센서들을 샘플링하도록 그리고 의학 적 질환이 발생했는지 여부를 판정하도록 동작하게 하는 방법의 흐름도를 도시한다. 제1 단계는 센서들을 샘플링하는 것이다(3102). 이것은 활성화, 워업, 교정, 판독값을 취하고, 조절하고, 데이터를 출력하도록 다른 요소들을 트리거하는 것을 요구할 수 있다. 시스템 제어기는 또한 각각의 센서에 프로그래밍된 값들 및 현재 데이터에 기초하여 구성 정보를 제공할 수 있는데, 예를 들어, 입사광의 이력에 기초하여 광센서 증폭기의 이득을 제공할 수 있거나, 또는 이러한 설정값들은 시스템 내의 다른 요소들에 의해 결정될 수 있다. 이어서, 방법은 필터링 및 추가 조절, 예를 들어 아날로그 필터링과는 대조적으로 디지털 필터링을, 기준치(baseline) 또는 기준 결과들과의 비교와 함께 수행한다(3104). 이 단계의 하나의 목적은 정확한 반복가능한 결정이 이루어질 수 있도록 다음 단계에 대한 입력 데이터를 적절히 조절하는 것이다. 이어서, 결과들, 예를 들어, 안검 위치 및 방출기-검출기 응답이 각각의 센서로부터 결정된다(3106). 이러한 결정은 사전 프로그래밍된 또는 가변 임계치와의 비교, 특정 패턴과의 비교, 또는 임의의 다른 결정을 수반할 수 있다. 이전 단계로부터 결과들을 취합하고, 가중시킨다(3108). 예를 들어, 문제 템플릿을 사용하여 의학 적 질환이 발생했는지 여부에 대한 판정이 수행된다(3110). 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 이 단계는 사용자별 훈련 및 선호도 또는 이력 데이터, 모든 센서들이 결정 이전에 샘플링된 것을 보장하는 것, 및 각각의 센서의 결과들에 적용되는 다양한 가중치들을 수반할 수 있다. 적어도 하나의 실시 형태에서, 현실 세계 잡음 및 간섭의 존재 시에 예측가능하고 반복가능한 결정이 수행된다. 전송된 바와 같이 의학 적 질환에 관한 판정이 수행되는 경우, 데이터 기록이 시작될 수 있다(3112). 판정에 상관없이, 측정들 및 판정의 또 다른 세트를 샘플링하는 것으로 시스템을 복귀시키는 것이 발생할 수 있다(3114). 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 도 31의 프로세스를 실행하기 위해 필요한 전체 시간은 사람들이 그들의 환경과 자연스럽게 상호작용하는 방식과 유사하게 시스템이 사용자 입력들에 응답할 만큼 충분히 짧다.

[0160] 각각의 센서 입력이 모니터링 이외의 이유들 때문에 다양할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 눈 임피던스는 신체 수화(hydration), 염분 섭취, 격심한 활동의 수준, 또는 다른 수단의 변화로 인해 시간 경과에 따라 다양할 수 있다. 마찬가지로, 동공 직경은 주변 광 수준의 변화로 인해 다양할 수 있다. 따라서, 다수의 센서 입력들을 조합하는 것은 초점 길이의 원하는 변화와 상관시키기 위해 하나 초과 입력을 요구함으로써 또는 소정 센서 입력들을 사용하여 다른 센서들을 증대시킴으로써 거짓 양성 트리거의 기회들을 감소시킨다는 것이 명백해야 한다.

[0161] 또한, 착용자를 모니터링하기 위해 사용되는 센서들의 조합 및 각각의 센서에 대한 임계치들 및/또는 문제 패턴들과 같은 문제 템플릿들은 안전, 응답 시간 및 사용자 선호도들과 같은 많은 변수들에 좌우된다는 것이 명백해야 한다. 선출 방식의 특정 프로그래밍은, 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 예를 들어 렌즈(들) 상에 다운로드될 수 있는 최신 센서 판독값들 및/또는 이력 데이터에 기초하여 특정 사용자에게 맞춤형 개별 프로그래밍 및 다수의 피험자들의 임상 관찰들에 기초할 수 있다. 선출 방식에서의 파라미터들은 센서 입력들에 의존할 수 있는데, 예를 들어, 깜박임 검출을 위한 임계치 및 이득 설정치는 주변 광에 따라 다양할 수 있다.

[0162] 예시적인 대안 실시 형태에서, 시스템은 전원 및 시스템 제어기와 전기 통신 상태에 있는 메모리 보존 제어기를 추가로 포함한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 메모리 보존 제어기는 도 1b와 관련하여 논의된 리소스 관리 시스템(160)의 일례이다. 메모리 보존 제어기는, 미리 결정된 주파수에서, 남은 에너지의 수준을 결정하기 위해 전원을 시험한다. 남은 에너지가 미리 결정된 에너지 임계치를 밀돌 때, 메모리 보존 제어기는 시스템 제어기로 명령어를 송신하여 센서를 더 이상 샘플링하지 않도록 하고, 경보 메커니즘에 의한 현재 시간 및/또는 누산기 값의 판독을 야기하는 신호를 송신한다. 이어서, 콘택트 렌즈 상에 존재하는 데이터 저장소 및/또는 메모리 내에 데이터를 유지하도록 전력이 제공된다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 전원이 낮은 에너지 임계치 미만의 이용가능한 에너지 수준을 발견할 때, 시스템은, 적어도 하나의 센서의 샘플링 레이트를 감소시키는 것, 적어도 하나의 센서의 추가 샘플링을 종료하는 것, 전원의 추가 모니터링을 종료하는 것, 누산기 또는

타이밍 회로에서의 현재 값에 기초하여 낮은 에너지를 나타내는 시간 스탬프를 저장하는 것, 적어도 하나의 센서로부터 전력을 제거하는 것, 제1 샘플링 레이트보다 더 느린 제2 샘플링 레이트로 적어도 하나의 센서를 샘플링하는 것, 판독값들이 저장되는 메모리에 급전하는 것, 또는 이들의 임의의 조합 중 적어도 하나를 수행할 것이다. 본 발명에 기초하여, 당업자는 특정한 구현예가 이용가능한 이러한 옵션들 중 단지 하나를 가질 수 있고 이것이 적어도 하나의 표현에 의해 다뤄지는 것으로 고려된다는 것을 이해해야 한다.

[0163] 미리 결정된 에너지 임계치는 임의의 메모리 또는 데이터 저장 디바이스에 대한 전원을 유지하기 위해 필요한 전력의 추정치에 기초한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 임계치는 메모리 및/또는 데이터 저장소에 대한 전력의 추정된 기간을 여전히 가능하게 하면서 렌즈의 현재 실행 시간에 기초하여 조정된다. 시간 경과에 따라 임계치를 조정하는 방식의 일례는 콘택트 렌즈 내의 기간들을 샘플링함으로써 측정되는 바와 같이 미리 결정된 시간의 각각의 경과 동안 레지스터를 감소시키는 것이다.

[0164] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 에너지 수준 시험은 센서(들)의 샘플링과 함께 수행되어, 센서(들)가 판독값(들)을 제공할 때 발생하는 바와 같은 렌즈의 최대 부하 하에서 전원의 에너지 수준을 임계치와 비교한다. 전원에 대한 에너지 수준이 임계치 미만인 경우, 당면 센서 샘플링이 다음 에너지 수준 시험 이전에, 전원을 소비 시켜서, 센서(들)가 이용가능한 불충분한 전력 때문에 부정확한 판독값을 제공할 것이고 그리고/또는 저장된 데이터가 오차가 생길 것이고 이에 따라 신뢰성 없는 데이터 세트를 야기할 가능성이 크다.

[0165] 변형된 예시적인 대안 실시 형태에서, 메모리 보존 제어기는 센서(들)의 비샘플링의 기간들 동안 전원 상에 인공 부하를 배치한다. 예시적인 샘플링 기간들은 1분, 2분, 5분, 10분, 15분, 20분 및 30분을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 전원을 시험하는 다른 예는, 부하 전압을 획득하는 것, 배터리의 펄스 전류에 특별 시험 파형을 도입하는 것, 및 추가의 예시적인 실시 형태에서 예상된 나머지 실행 시간을 고려하여 하향 조정될 수 있는 미리 결정된 임계치와 비교되는 결과들의 비교에 의해 전압 강하를 측정하는 것을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0166] 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 메모리 보존 제어기는 데이터 관리자를 모니터링하여 남은 공간을 결정한다. 데이터 관리자의 메모리 내의 남은 공간이 자유 공간 임계치보다 작을 때, 메모리 보존 제어기는 신호를 시스템 제어기로 송신하여 다음 중 적어도 하나를 수행한다: 센서(들)의 샘플링을 종료하여 저장을 위한 추가 데이터의 생성을 회피, 데이터 저장소에 신호를 송신하여 메모리 풀(memory full)의 플래그를 설정하고 현재 저장된 데이터를 시프트시켜 선입선출 접근법(first in first out approach)을 이용하여 추가 공간을 제공, 및 시스템 제어기 및 센서(들)로부터 전력을 제거하여 단지 데이터 저장소에 공급되는 전력을 남김. 다른 예들은, 누산기에서의 현재 값에 기초하여 낮은 메모리를 나타내는 시간 스탬프를 저장하는 것, 적어도 하나의 센서에 대한 샘플링 레이트를 감소시키는 것, 적어도 하나의 센서의 추가 샘플링을 종료하는 것, 메모리에 최초 저장된 판독값들에 대해 적어도 하나의 센서로부터의 미래의 판독값들을 저장하는 것, 가장 낮은 누산기 판독값과 연관된 저장된 센서 판독값들을 삭제하는 것, 및 메모리 내의 남은 저장된 센서 및 누산기 판독값들을 시프트시키는 것, 그리고 이러한 예들의 임의의 조합을 포함한다.

[0167] 상기 예시적인 실시 형태들에 대한 추가의 예시적인 실시 형태에서, 메모리 보존 제어기 및/또는 리소스 관리 시스템은 시스템 제어기의 일부이다.

[0168] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 전자기기 및 전자 상호접속물들이 광학 구역에보다는 오히려 콘택트 렌즈의 주변 구역에 형성된다. 예시적인 대안 실시 형태에 따르면, 전자기기의 위치설정이 콘택트 렌즈의 주변 구역으로 제한될 필요가 없다는 것에 유의하는 것이 중요하다. 본 명세서에 기술된 전자 구성요소들 모두는 박막 기술 및/또는 투명 재료들을 이용하여 제조될 수 있다. 이러한 기술들이 이용되는 경우, 전자 구성요소들은 그들이 광학계와 호환되는 한 임의의 적합한 위치에 배치될 수 있다.

[0169] 안내 렌즈 또는 IOL은 눈에 이식되어 수정체를 대체하는 렌즈이다. 이는 백내장이 있는 사람에게 또는 단순히 다양한 굴절 오차를 치료하는 데 이용될 수 있다. IOL은 전형적으로 렌즈를 눈에 있는 캡슐형 백(capsular bag) 내의 제 위치에 보유하기 위해 햅틱(haptic)이라고 불리는 플라스틱 측부 스트럿(strut)을 갖는 작은 플라스틱 렌즈를 포함한다. 본 명세서에 기술된 전자기기 및/또는 구성요소들 중 임의의 것이 콘택트 렌즈들의 것과 유사한 방식으로 IOL들 내에 포함될 수 있다.

[0170] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템은 저장 박스를 추가로 포함한다. 적어도 하나의 실시 형태에서 저장 박스는 베이스를 갖는 하우징 및 커버를 포함하는데, 하우징 및 커버는 하나의 에지를 따라 연결되어서 베이스에 대한 커버의 열림을 용이하게 하여 하우징 내의 캐비티 내로 콘택트 렌즈의 침착을 허용한다. 예시적인

대안 실시 형태에서, 저장 박스는 소독, 모니터링, 재정렬 및 외부 접속성 기능을 포함할 수 있다. 소독 기능은 렌즈를 착용자에 의해 장기간에 걸쳐 사용될 수 있게 할 것이다.

[0171] 도 32는 하우징(3200), 통신 시스템(3202), 시스템 제어기(3204), 메모리(3206), 클록(또는 타이밍 회로)(3208), 전기 통신 커넥터(3210), 및 전원(3212)을 갖는 예시적인 저장 박스를 도시한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 저장 박스는 하우징(3200) 내에 포함되는 방사선 소독 베이스 유닛(3214)을 포함하는 데, 방사선 소독 베이스 유닛은 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서 베이스 및 커버를 포함한다. 전기 통신 커넥터(3210)는 범용 직렬 버스(USB) 커넥터 또는 다른 유형의 커넥터를 포함할 수 있다. 커넥터는 데이터와 전력 중 하나 또는 둘 모두를 전송하기 위한 단자를 포함할 수 있다. 일부 예시적인 실시 형태에서, 전기 통신 커넥터(3210)는 방사선 소독 베이스 유닛(3214)을 동작시키기 위한 전력을 제공한다. 일부 실시 형태는 또한 하나 이상의 배터리들(3212) 또는 다른 전력 저장 디바이스를 포함할 수 있다. 일부 예시적인 실시 형태에서, 배터리들(3212)은 하나 이상의 리튬 이온 배터리들 또는 다른 재충전 가능한 디바이스를 포함한다. 전력 저장 디바이스는 전기 통신 커넥터(3210)를 통해 충전 전류를 수신할 수 있다. 적어도 하나의 배터리 실시 형태에서, 방사선 소독 베이스 유닛(3214)은 배터리들(3212) 내의 저장된 전력을 통해 동작된다.

[0172] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 통신 시스템(3202)은 삽입된 렌즈들과 상호작용하기 위한 무선 주파수 식별(RFID) 안테나와 같은 안테나 및 상기 안테나와 전기적으로 통신하는 시스템 제어기(3204)를 포함한다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(3204)는 적어도 하나의 메모리 디바이스 또는 요소(3206)와 전기 통신 상태에 있는데, 적어도 하나의 실시 형태에서 메모리 디바이스 또는 요소는 메모리 스틱에 사용되는 것과 같은 플래시 메모리이다. 상호작용의 예는 하나의 렌즈 또는 둘 모두의 렌즈들 상의 전원의 무선 재충전, 현재 시간의 전송, 알람 시간을 전송하는 것, 렌즈(들)에 저장된 데이터를 저장 박스 내의 (또는 그와 통신 상태에 있는) 메모리에 전송하는 것, 및 착용자-고유 특징들에 기초하여 템플릿 및 마스크들을 저장 박스로부터 적어도 하나의 렌즈로 전달하는 것을 포함한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 안테나는 컴퓨터 또는 스마트폰과 같은 외부 디바이스와 통신하기 위해 사용된다.

[0173] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기(3204)는 클록(3208)으로부터 저장 박스 상의 현재 시간에 상관되는 바와 같은 데이터 전송 시의 현재 누산기 관독값에 기초하여 시간 스탬프 정보를 실제 시간들로 변경하기 위해 적어도 하나의 렌즈로부터 수신된 데이터를 변환하고/하거나 포맷화하도록 구성된다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 저장 박스는 신호를 렌즈로 전송하여 누산기를 0으로 리셋하고, 프로세서는 누산기가 0으로 리셋된 시간을 메모리에 기록하거나, 또는 대안적으로 누산기를 정확한 시간으로 업데이트한다. 저장 박스 내로의 렌즈의 재삽입 후에, 프로세서는 현재 시간에 주목하고, 샘플링 사이클들의 수를 결정한다. 렌즈(들)의 제거 이후에 렌즈(들)의 동작 상태 및/또는 무엇이 샘플링되고 있는지에 따라 샘플링 사이클들이 상이한 길이를 갖는 실시 형태에서, 저장 박스는 저장 박스에 의해 측정되는 바와 같이 저장 박스로부터의 렌즈(들)의 제거와 저장 박스로의 렌즈(들)의 복귀 사이의 시간 차이에 걸쳐 샘플 기간들을 정규화한다. 대안적으로, 샘플링 사이클들이 상이한 길이를 갖는 것일 때, 저장 박스는 신호를 콘택트 렌즈로 전송하여 그의 발진기를 콘택트 렌즈에 의해 발견되는 시간 추이에 관련된 양으로 조정하고, 추가의 예시적인 실시 형태에서 저장 박스는 콘택트 렌즈 상의 누산기 상에 시간을 업데이트한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 전송된 처리는 컴퓨터와 같은 외부 디바이스 상에서 수행된다.

[0174] 일부 예시적인 실시 형태에서, 전기 통신 커넥터(3210)는 AC 또는 DC 전류의 단순 공급원을 포함할 수 있다. 그러한 실시 형태들에서, 전기 통신 커넥터(3210)를 통하여 전력이 제공되기 때문에 전원(3212)은 생략될 수 있다.

[0175] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는 기간(예컨대, 8시간, 12시간, 16시간, 24시간, 착용한 하루)에 걸쳐 의학적 질환-관련 데이터를 수집할 것이다. 콘택트 렌즈가 저장 박스(또는 유사한 기능을 갖는 다른 디바이스) 내에 배치될 때, 데이터는 분석을 위해 그리고 저장 박스 또는 저장 박스와 통신 상태에 있는 컴퓨터에 의한 처리를 위해 렌즈로부터 저장 박스로 다운로드된다. 분석 및 처리의 일례는 그 기간 동안 의학적 질환이 발생했는지 여부를 판정하는 것이다.

[0176] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 외부 디바이스를 사용한 적어도 하나의 콘택트 렌즈의 착용자(또는 피험자)에 대한 시험 프로토콜이 있다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는 본 발명에서 논의되는 바와 같은 다양한 구성요소 조합들을 가질 수 있다. 이러한 논의의 목적을 위해, 콘택트 렌즈는 눈 움직임 센서 시스템, 시스템 제어기 및 외부 디바이스와의 양방향 통신을 위해 구성된 통신 회로를 포함할 것이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 외부 디바이스는 시험 프로토콜을 실행시키도록 구성된 프로세서, 프로

세서와 통신 상태에 있는 카메라, 프로세서와 통신 상태에 있고 이미지들 및 지시들을 디스플레이하도록 구성된 디스플레이, 및 콘택트 렌즈와의 양방향 통신을 갖도록 구성된 통신 모듈을 포함할 것이다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 카메라 및 디스플레이는 동일한 방향을 향하고 있을 것이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기는 눈 움직임 센서 시스템으로부터 출력된 공간적 위치에 기초하여 눈 및/또는 시선 방향의 움직임을 결정하도록 그리고 그 결정에 기초하여 제어 신호를 출력하도록 구성된다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시스템 제어기의 출력은 눈의 위치의 결정 및 처리를 위해 외부 디바이스로 송신하도록 포맷화된 신호이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 프로세서 및 시스템 제어기는 함께 시험 프로토콜을 수행한다. 본 발명에 기초하여 이해되어야 하는 바와 같이, 눈 움직임 센서 시스템은 다른 센서들에 의해 증대되거나 또는 하나 이상의 다른 센서들에 의해 대체될 수 있다.

[0177] 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 시험 프로토콜은, 프로세서가 콘택트 렌즈 착용자(또는 다른 사람)에 의한 외부 디바이스의 움직임을, 통신 회로 및 모듈을 통하여 시스템 제어기에 의해 송신되는 수신된 눈 위치 및/또는 시선 정보와 상관시키도록 한다. 프로세서는 카메라에 의해 캡처된 이미지 데이터를 이용하여 피험자의 머리의 움직임을 모니터링한다. 피험자의 머리의 움직임 또는 상관관계 없음 중 적어도 하나가 발생할 때, 프로세서는 알람, 예를 들어, 디스플레이, 스피커, 플래시, 또는 이들의 조합의 활성화, 또는 추가 디바이스로 신호를 전송하는 것을 트리거하도록 구성된다. 프로세서는, 외부 디바이스의 움직임, 및 피험자의 머리를 움직이지 않으면서 외부 디바이스의 시각적 관찰을 유지하는 것에 대한 지시들을 피험자에게 디스플레이한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 외부 디바이스는 그의 플래시를 켜서 콘택트 렌즈 착용자가 따르도록 하는 광을 제공하거나, 또는 디스플레이 상에 메시지 또는 이미지를 디스플레이한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 콘택트 렌즈 착용자 이외의 사람이 외부 디바이스를 이동시키는데, 이는 그러한 실시 형태에서 외부 디바이스의 사용을 허용할 것이고, 여기서 카메라 및 디스플레이는 반대 방향을 향하고 있다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 외부 디바이스는 디스플레이 대신에 또는 그에 더하여 오디오 스피커를 사용하여 지시들을 제공한다.

[0178] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 외부 디바이스가 가속도계를 포함하는 경우, 프로세서는 카메라의 출력과 함께 가속도계의 출력을 사용하여, 외부 디바이스가 착용자의 전방의 수평면에서 실질적으로 직선으로 이동되는 동안 착용자의 머리가 안정되어 있는지 여부를 판정하도록 구성된다. 이러한 가속도계 데이터는 콘택트 렌즈로부터의 위치/움직임 정보와 비교되어서, 임의의 차이가 임계치를 초과하는지 여부를 판정하는 데, 초과되는 경우 알람을 트리거할 것이다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 외부 디바이스가 착용자의 눈의 움직임에 비해 더 큰 절대 거리를 이동할 것임을 고려하기 위해 콘택트 렌즈 데이터는 외부 디바이스에 의해 이동되는 거리에 대해 정규화되거나 그 반대로도 가능하다.

[0179] 예시적인 대안 실시 형태에서, 착용자는, 정지 물체에 초점을 맞추고, 그 정지 물체에 초점을 유지하면서, 그의 또는 그녀의 머리를 좌측 또는 우측으로 회전시키라고 지시를 받는다. 모니터링 시스템은 착용자의 머리의 회전 속도에 대한 착용자의 시선을 추적하여 그 차이가 미리 결정된 회전 임계치 내에 있는지 여부를 판정하고, 회전 임계치를 초과할 때 경보를 개시한다. 경보 개시의 예들은, 경보 메커니즘을 트리거하는 것 또는 외부 디바이스 또는 다른 디바이스로 경보 신호를 전송하는 것을 포함하는데, 이는, 적어도 하나의 실시 형태에서, 이어서 착용자 및/또는 다른 사람에게 경보를 제공할 것이다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는 적어도 하나의 가속도계로부터의 출력을 사용하고, 차이는 가속도계로부터의 신호에 기초하여 결정되고, 여기서 신호가 0인 것은 착용자에 의한 정지 물체의 추적을 확인하는 것인 반면, 신호가 0이 아닌 값일 때 착용자는 정지 물체를 추적할 시에 지연을 갖는다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 이러한 시험 프로토콜은 외부 디바이스 없이 수행된다.

[0180] 상기 시험 프로토콜은, 예를 들어 뇌졸중을 진단하는 데 사용될 수 있다. 물체 및/또는 고정된 지점을 추적할 수 있음 또는 그러할 수 없음은 다른 의학적 질환들의 징후일 수 있다.

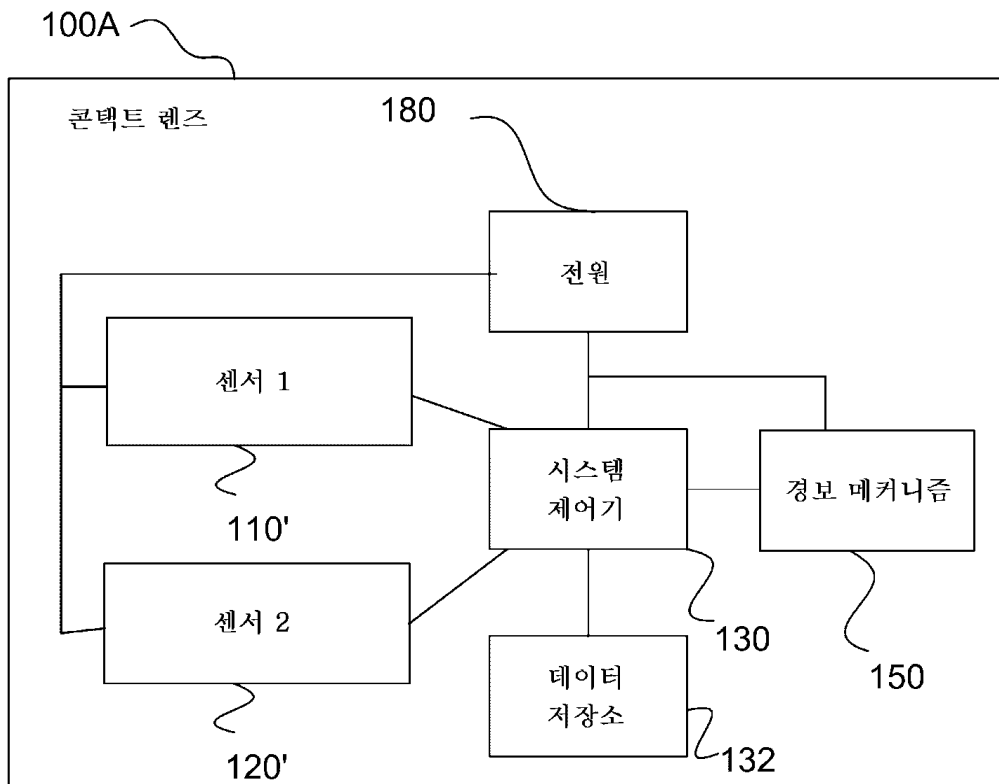
[0181] 추가 시험 프로토콜이 착용자의 눈의 동공 확장을 시험하는 것을 포함하는데, 이는 독립적으로 또는 이전 시험 프로토콜과 함께 사용될 수 있다. 콘택트 렌즈는 시스템 제어기와 통신 상태에 있는 홍채-대면 동공 직경 센서를 포함할 것이다. 외부 디바이스는, 프로세서에 의해 제어가능한 플래시와 같은 광원을 포함할 것이다. 시험 프로토콜은 프로세서에 의해 광원을 활성화하는 것, 시스템 제어기에 의해 광원 활성화 전후에 동공 직경을 측정하는 것, 동공 직경 측정치들을 프로세서로 송신하는 것, 프로세서에 의해 상이한 동공 확장들을 판정하는 것, 및 적어도 하나의 동공 확장이 확장 임계치를 초과하거나 비확장 임계치 미만일 때 경보를 트리거하는 것을 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 콘택트 렌즈는, 광 센서의 출력의 광 수준을 측정하여 활성화 이후에 필요한 수준이 충족되었음을 확인하도록 하는 광감출기를 포함한다. 예시적인 대안 실시 형태에서, 외부 디바이스는 (광원을 활성화하는 대신에) 밝은 광을 바라보라는 명령어들을 제공하고, 시스템 제어기는 광 수준을

검출하는 광검출기를 사용하여 그것이 확장을 트리거하기에 충분히 밝음을 확인한다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 광검출기를 갖는 콘택트 렌즈는 환경 광 수준을 모니터링하고, 밝은 광이 착용자에 의해 관찰되는 것으로 검출될 때, 시스템 제어기는 전후 사이에서 동공 직경의 변화가 확장 임계치를 초과하는지 여부를 판정한다. 추가의 예시적인 대안 실시 형태에서, 시스템 제어기는 콘택트 렌즈 상의 홍채-대면 광원을 사용하여 활성화되고 평균 착용자에서의 동공 확장을 트리거하기에 충분한 밝기를 갖는 광을 제공한다.

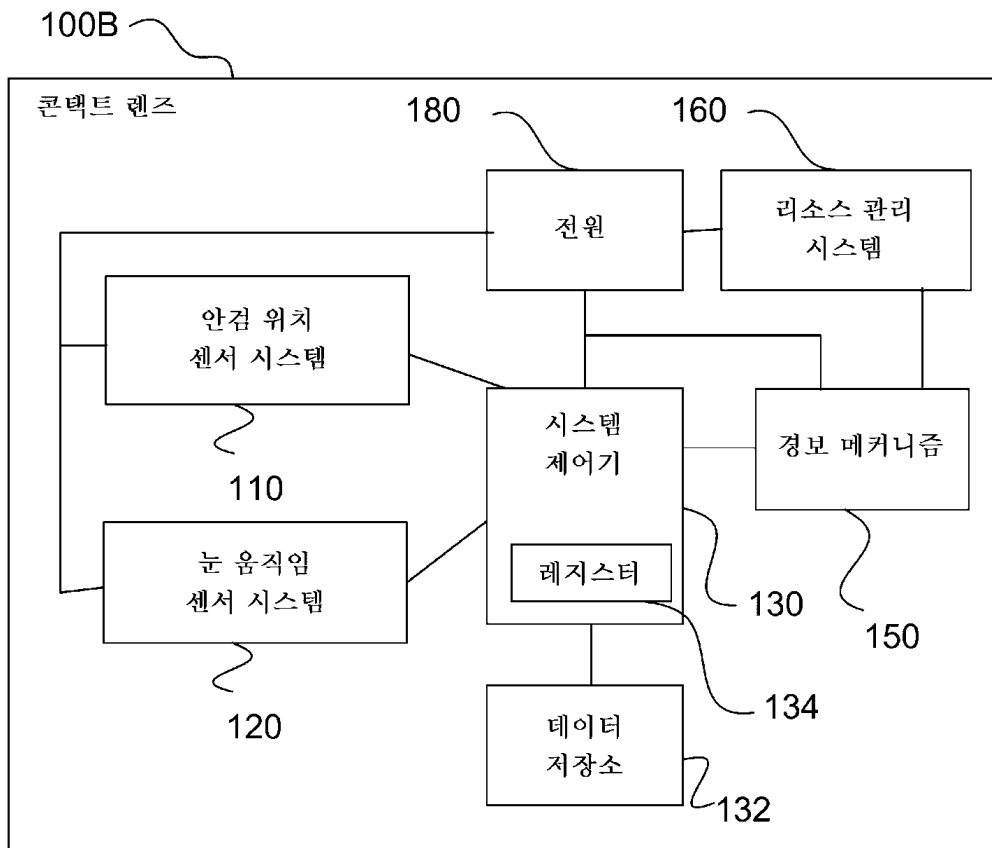
- [0182] 동공 확장은, 예를 들어, 콘택트 렌즈 착용자의 뇌진탕 또는 중독(intoxication)을 검출하는 데 사용될 수 있다. 또한, 간략하게 전술된 바와 같이, 동공 반응이 뇌신경 손상을 진단하는 데 이용될 수 있다. 보다 구체적으로는, 눈 건강 전문가가 동공 및 홍채를 평가할 수 있는 것과 거의 동일한 방식으로, 센서들은 직접 광 반사, 공감 광 반사 및 눈모임/조절 반사를 확인하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 아가일 로버트슨(Argyll Robertson) 질병에 의하면, 동공은 조절하기 위해 수축되지만 광에 반응하지 않을 것이다. 콘택트 렌즈 착용자의 눈을 비추는 밝은 광(또는 환경 광의 빠른 변화)에 반응하여 동공 확장의 변화량을 검출하는 콘택트 렌즈의 능력은, 뇌진탕이 발생했는지 여부 또는 착용자가 중독되어 있는지 여부를 판정하는 데 사용될 수 있다. 광의 변화에 반응하여 동공 확장의 변화가 과도한 경우, 이것은 어쩌면 다른 의학적 질환들을 나타내는 광 감도를 나타낸다. 적어도 하나의 구현예에서, 콘택트 렌즈 착용자는 그들이 어쩌면 확장 시험에 기초한 구동 이전에 중독되어 있는지 여부를 알기 위해 확인할 수 있다. 상기 언급된 바와 같이, 동공 확장 시험은 일정 지점 및/또는 머리가 움직임에 따라 그 지점을 눈들로 추적하기 위해 시험 프로토콜과 함께 사용될 수 있다.
- [0183] 다양한 시험 프로토콜들 및 콘택트 렌즈의 모니터링 능력들은 깜빡임들의 사용을 통한 사용자로부터의 입력, 광 또는 다른 무선 통신, 및 콘택트 렌즈의 삽입/제거에 의해 개시되고, 종료되는 등 할 수 있다.
- [0184] 전술된 콘택트 렌즈 및 센서들의 조합들은 다양한 목적 및 의학적 질환들의 검출을 위해 사용될 수 있는데, 그 중 일부가 위에서 논의되었다.
- [0185] 동공 확장 시험의 결과로서, 밝은 광이 동공 상에 비추어진 후에 동공이 다시 조정하게 하는 데 걸리는 시간을 포함하여 동공 수축이 측정될 수 있다. 조정 시간이 너무 길면, 이것은 뇌진탕 또는 중독을 나타낼 수 있다.
- [0186] 콘택트 렌즈가 홍채-대면 광원 및 안검 위치 센서 시스템을 포함할 때, 광원은 광을 홍채 내로 비추어 눈에 의한 각막 반사를 유발하는 데 사용될 수 있다. 안검의 단힘의 신속성은 안검 단힘 임계치와 비교되어, 반응이 충분히 빠르고 보통의 반응 시간들 내에 있었는지 여부를 판정할 수 있다.
- [0187] 콘택트 렌즈들이 눈 움직임 센서를 포함할 때, 콘택트 렌즈는 눈 움직임 및 눈 시선을 추적하여, 착용자의 눈들 사이에 일치가 있는지 여부를 판정하는 데 사용될 수 있다. 눈들 사이에 일치 없는 경우, 이것은 안구진탕(nystagmus)을 나타낸다. 적어도 하나의 예시적인 실시 형태에서, 눈 움직임, 초점 및 시선은 상기 논의된 바와 같이 외부 디바이스를 사용하여 시험될 것이다. 외부 디바이스는, 타겟이 눈들로부터 상이한 거리들로 이동함에 따라 눈들이 다시 초점을 맞추었는지 여부의 측면에서 시험의 결과를 제공하여, 눈들이 다시 초점을 맞추었고 눈들에 대해 실질적으로 수평면을 따라 이동했는지 여부를 확인하여, 양쪽 눈들이 머리를 움직이지 않은 채 타겟을 추적하였는지 여부를 확인할 것이다.
- [0188] 콘택트 렌즈가 바이오센서를 포함할 때, 바이오센서는 눈 상에 존재하는 누액의 양 및/또는 누액에 존재하는 나트륨의 수준을 검출하는 데 사용될 수 있다. 누액 내의 나트륨 수준이 나트륨 임계치를 초과하거나 또는 존재하는 누액의 수준이 눈물 임계치 미만일 때, 착용자는 탈수를 겪고 있을 수 있다.
- [0189] 콘택트 렌즈가 온도 센서를 포함할 때, 시스템 제어기는 착용자가 저체온(hypothermia) 수준에 도달하기 전에 감소하는 온도에 대해 착용자의 체온을 모니터링하고 착용자에게 알람을 제공할 수 있다. 역으로, 시스템 제어기는 착용자가 고체온(hyperthermia) 수준에 도달하기 전에 증가하는 온도에 대해 모니터링하고 착용자에게 알람을 제공할 수 있다.
- [0190] 가장 실용적인 실시 형태로 여겨지는 것이 도시되고 기술되었지만, 기술되고 도시된 특정 설계 및 방법으로부터의 변형들이 그 자체를 당업자에게 제안할 것이며 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어남이 없이 사용될 수 있다는 것이 명백하다. 본 발명은 기술되고 도시된 특정 구성으로 제한되는 것이 아니라, 첨부된 청구범위의 범주 내에 속할 수 있는 모든 변경과 일관되도록 구성되어야 한다.

도면

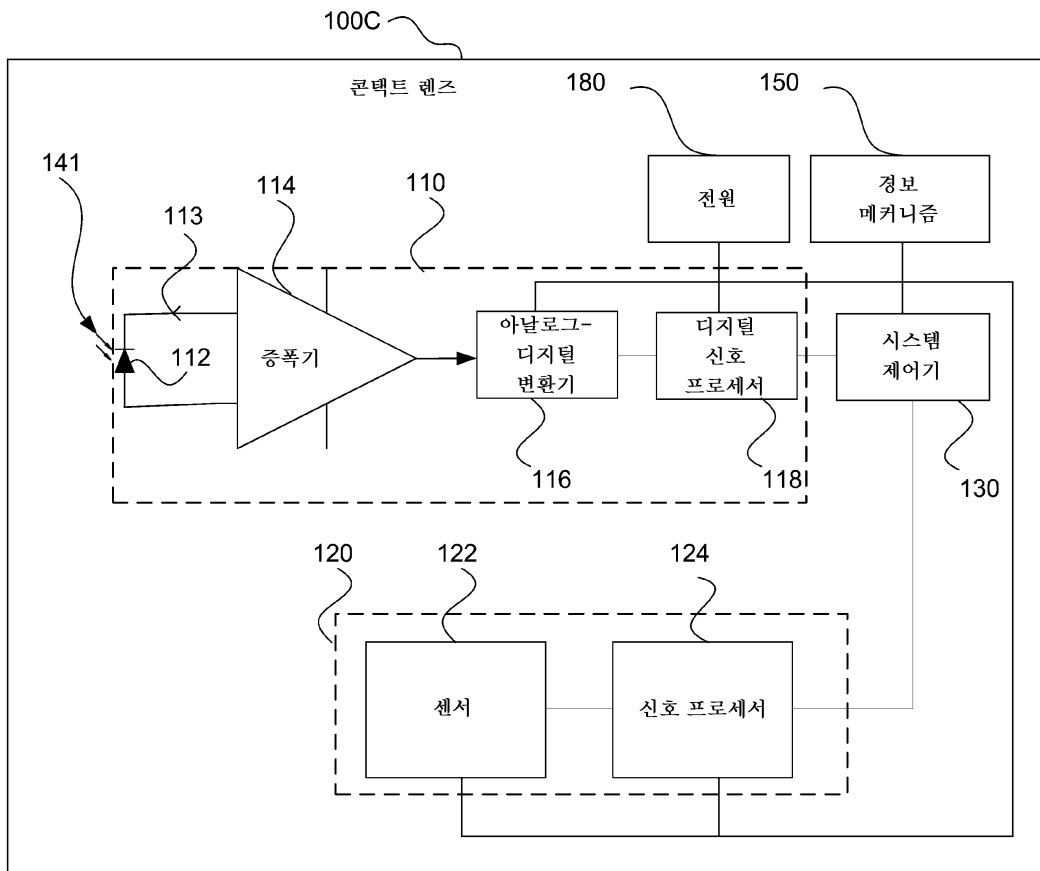
도면1a



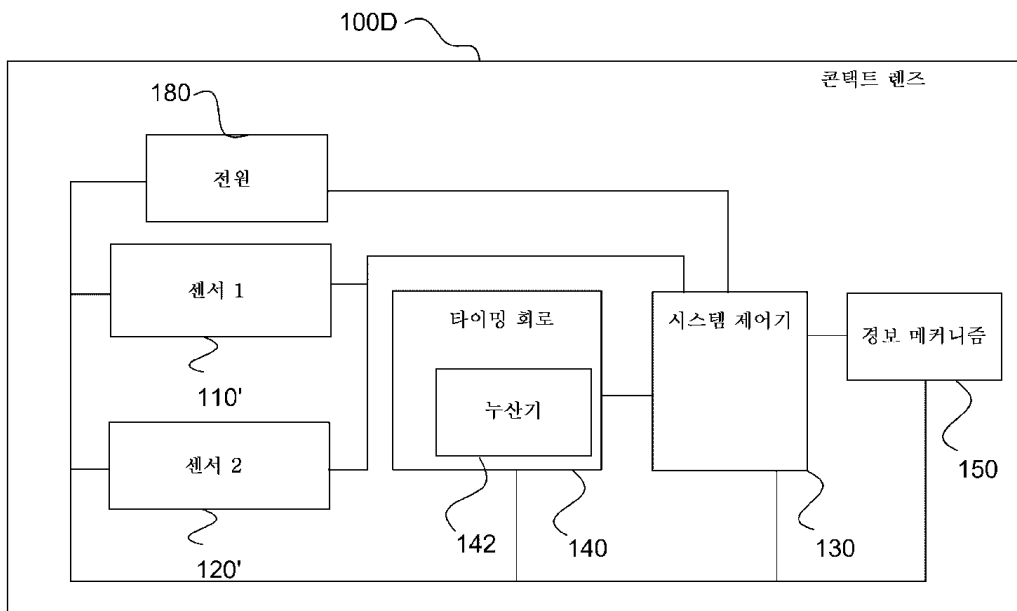
도면1b



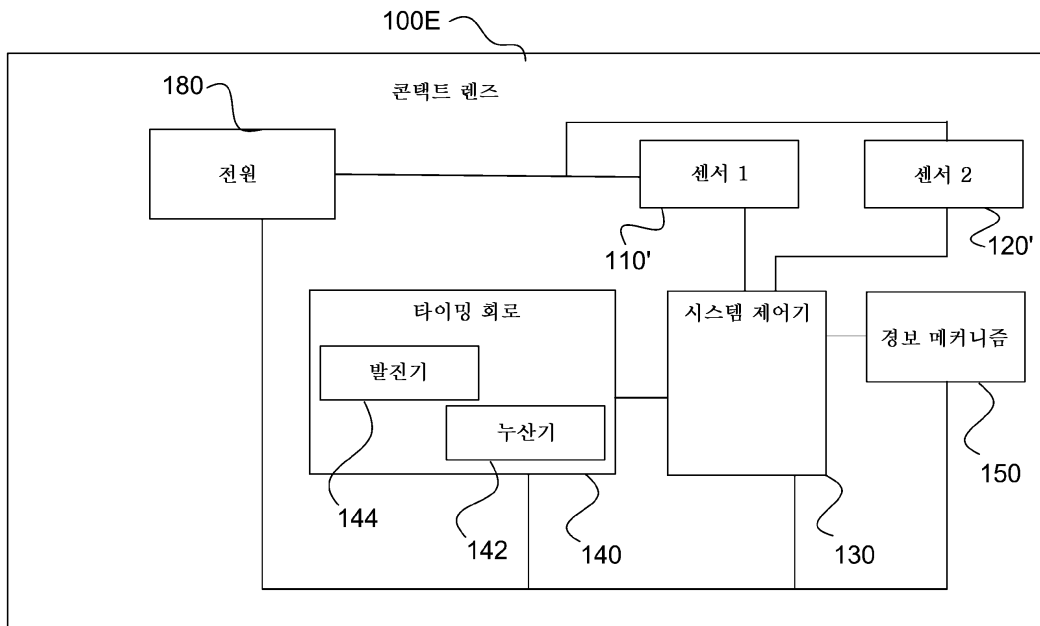
도면1c



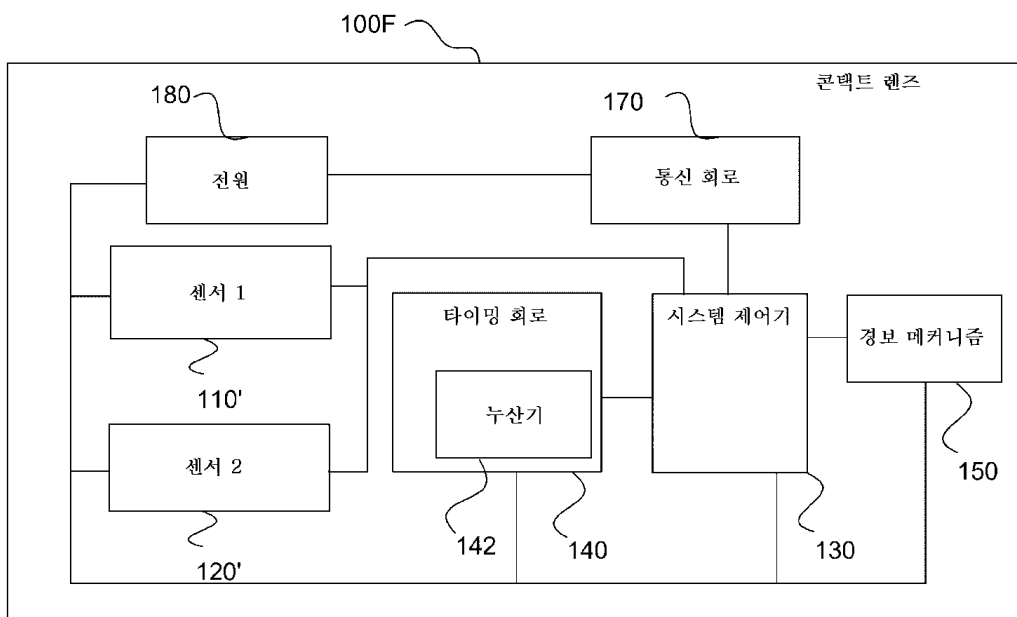
도면1d



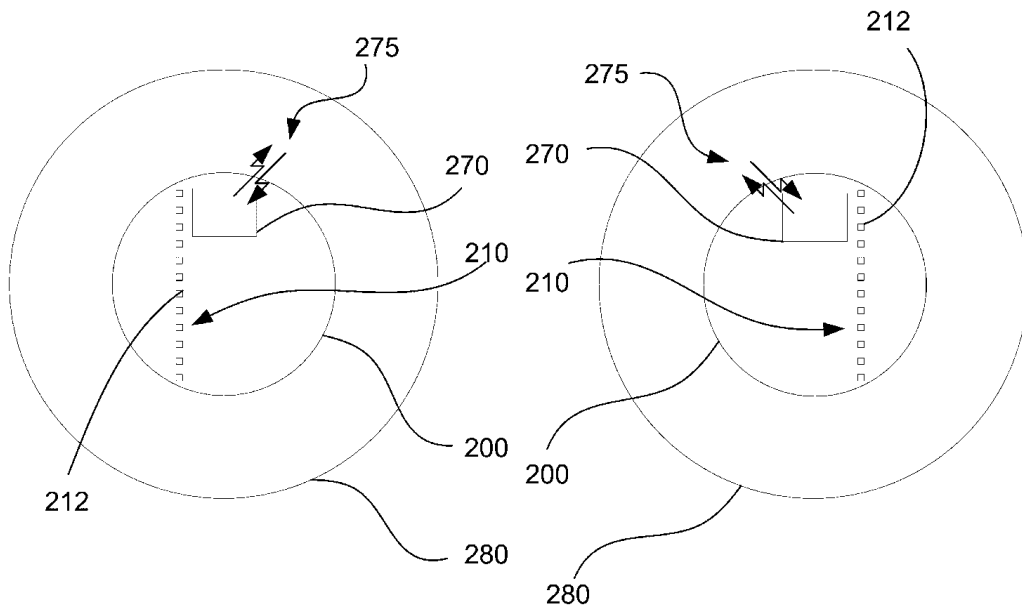
도면1e



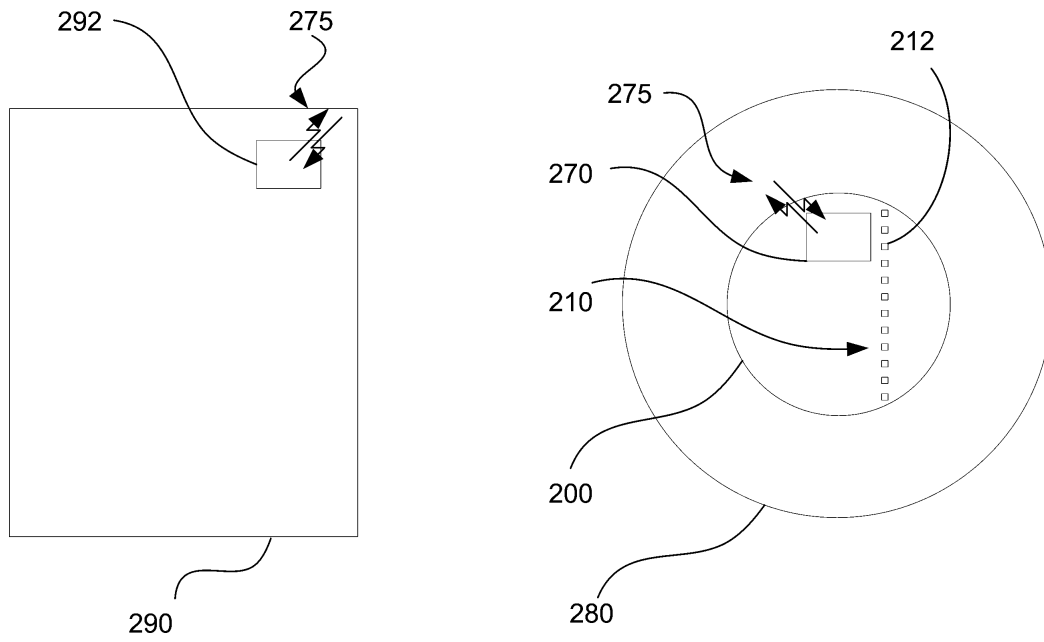
도면1f



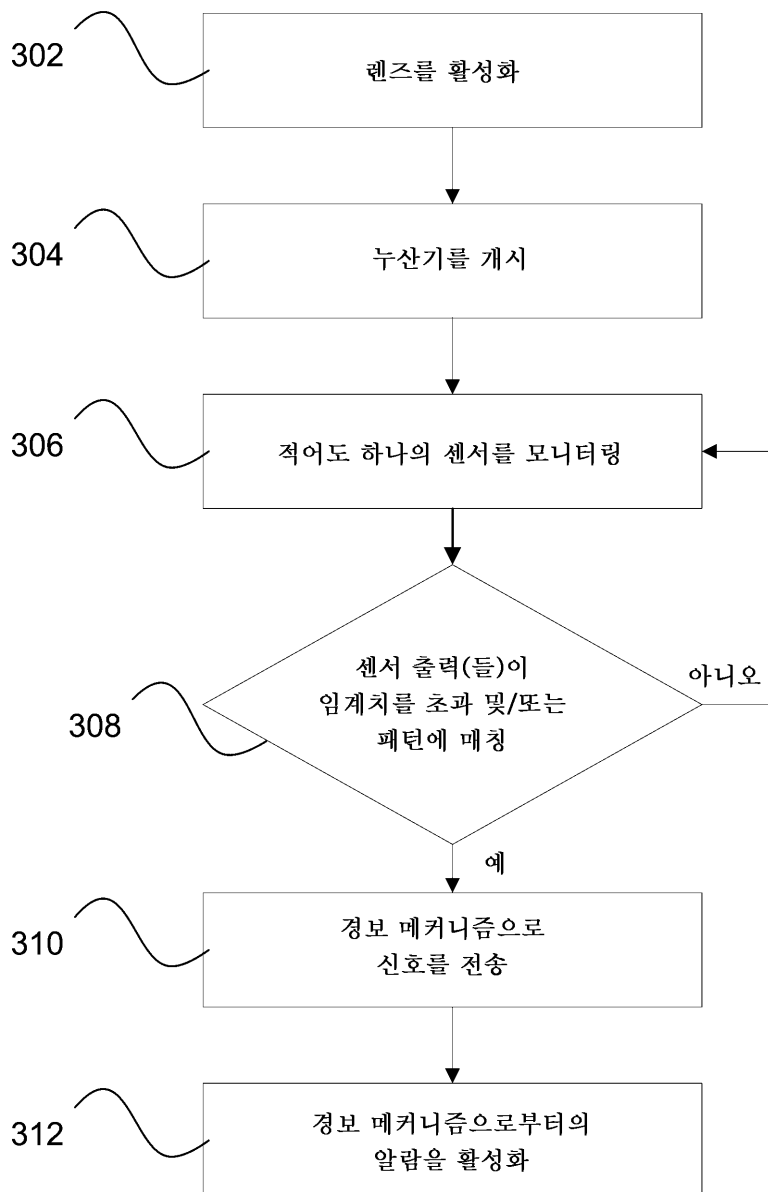
도면2a



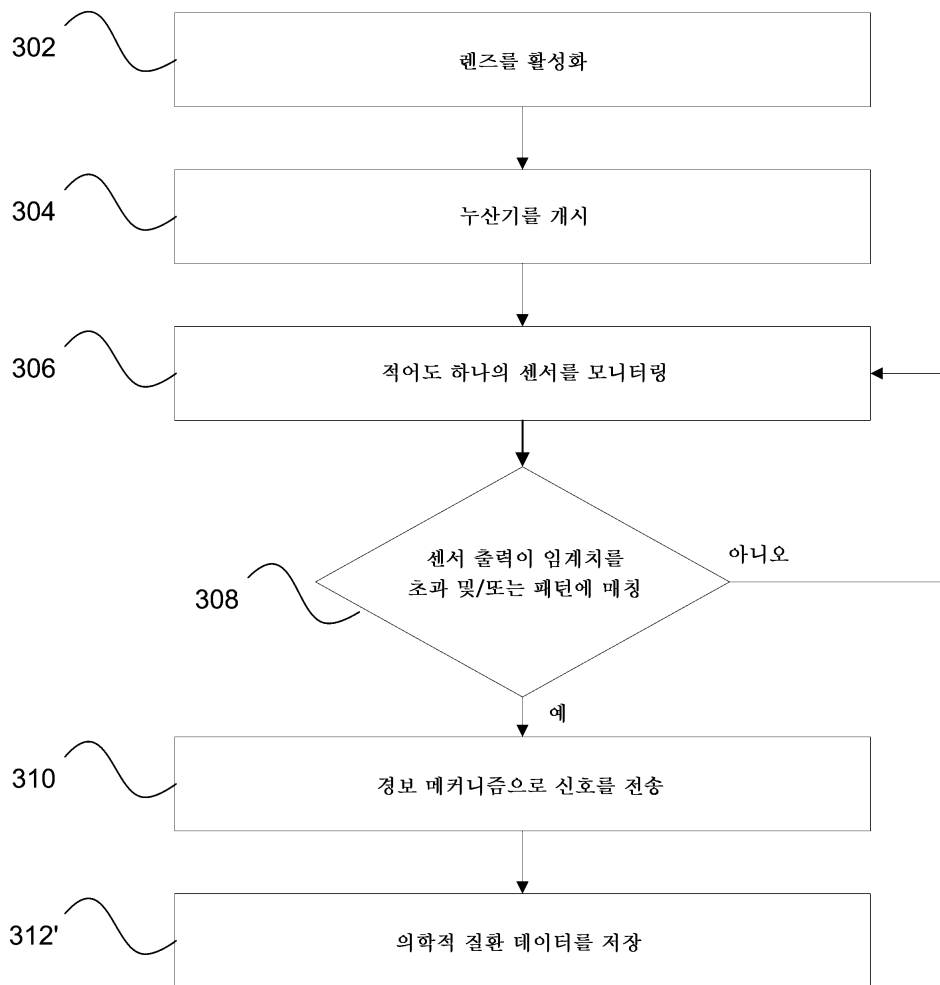
도면2b



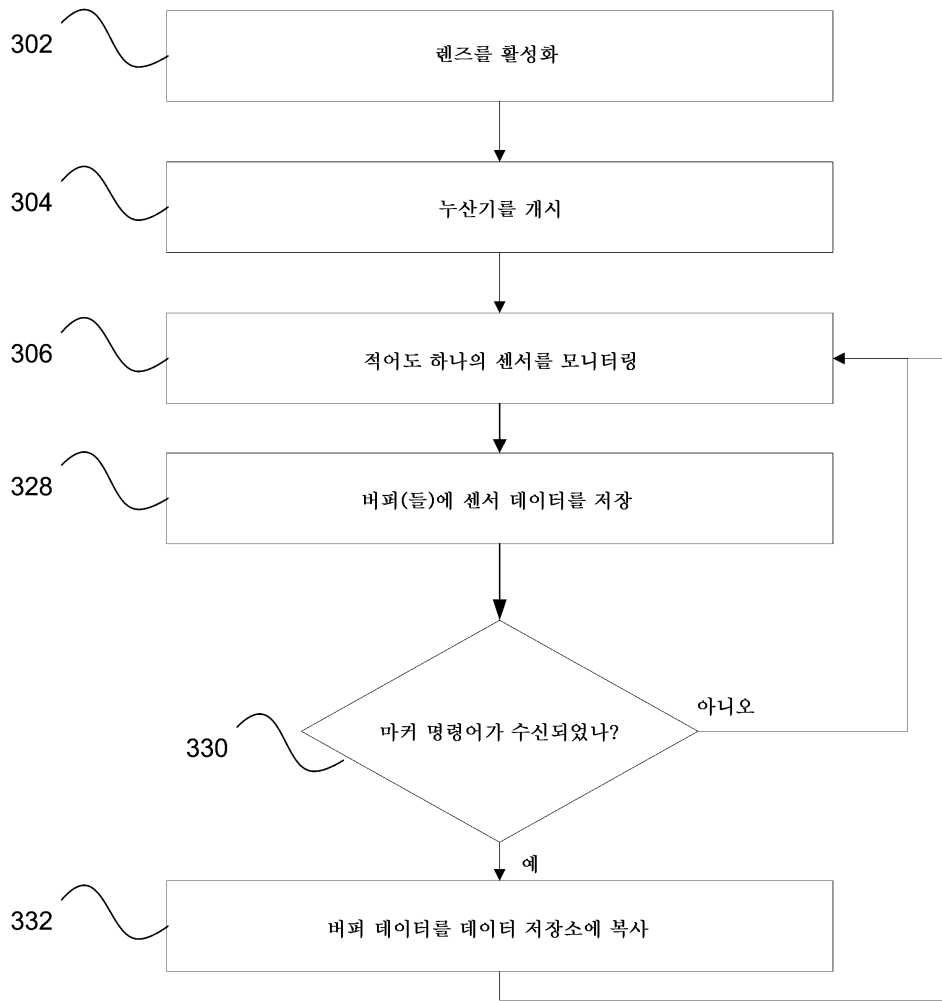
도면3a



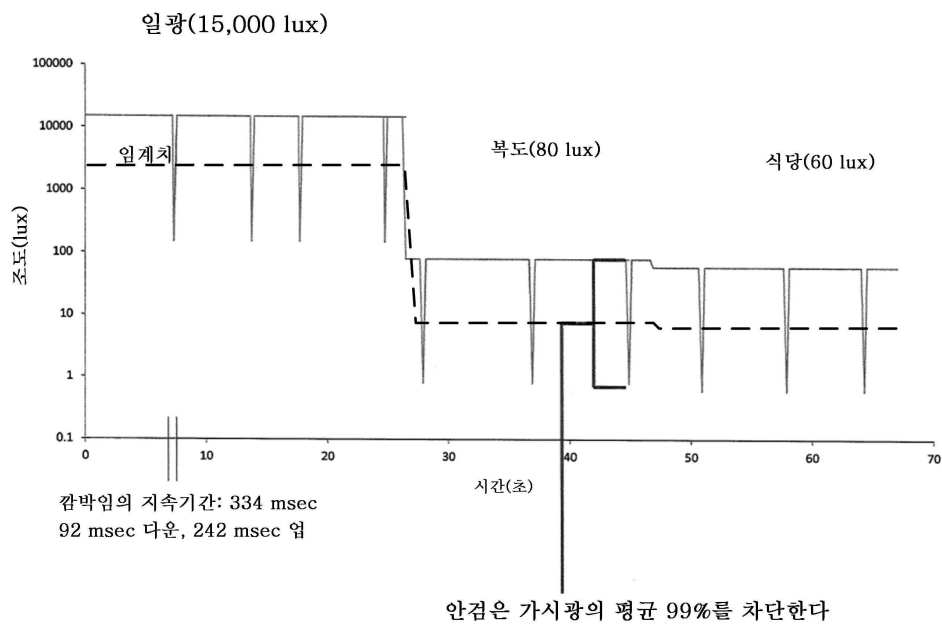
도면3b



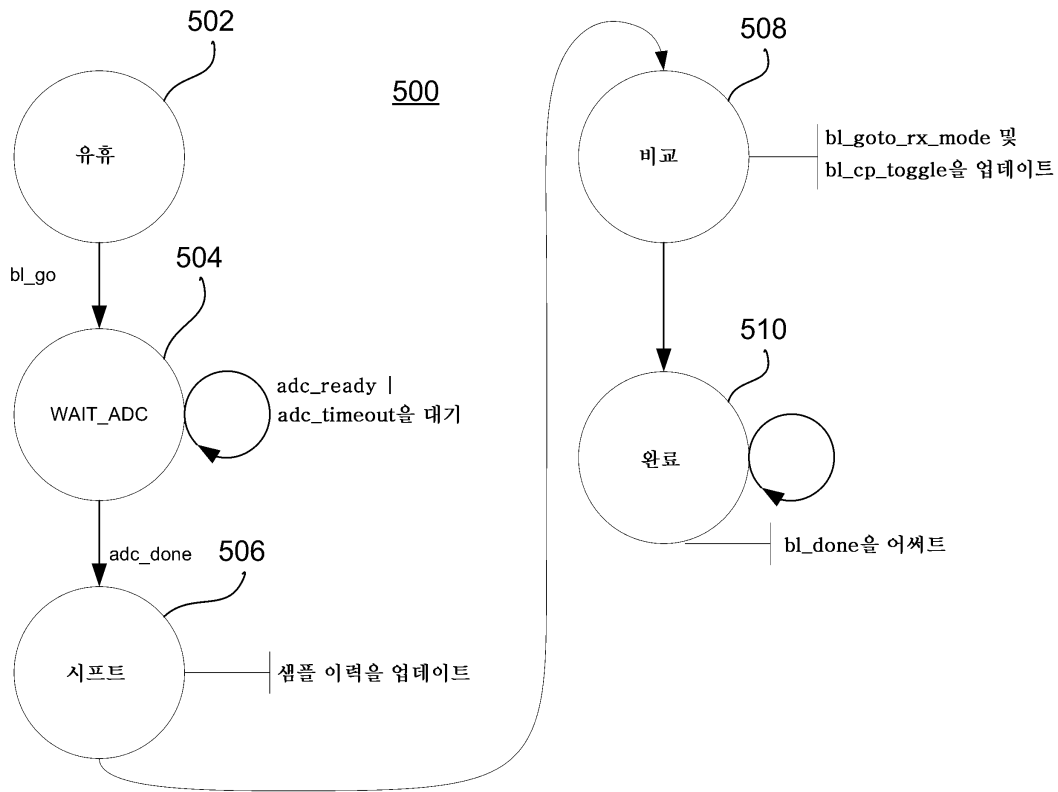
도면3c



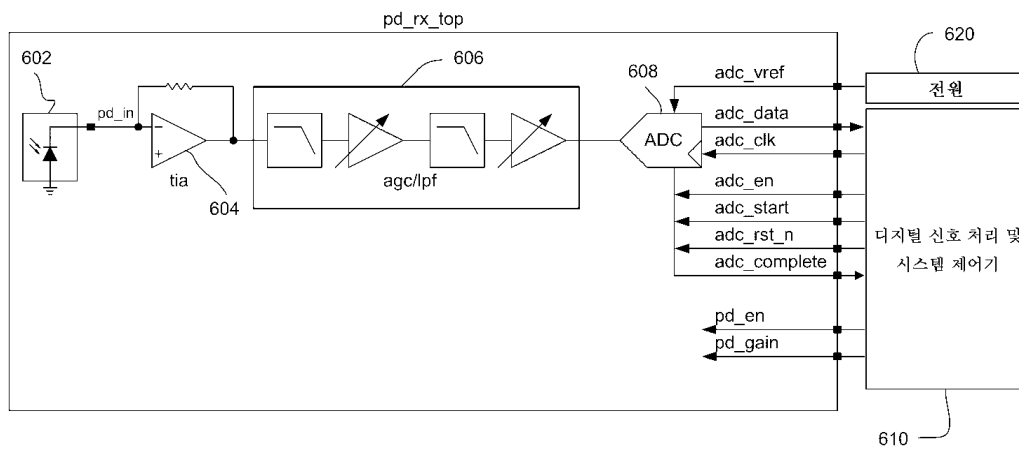
도면4



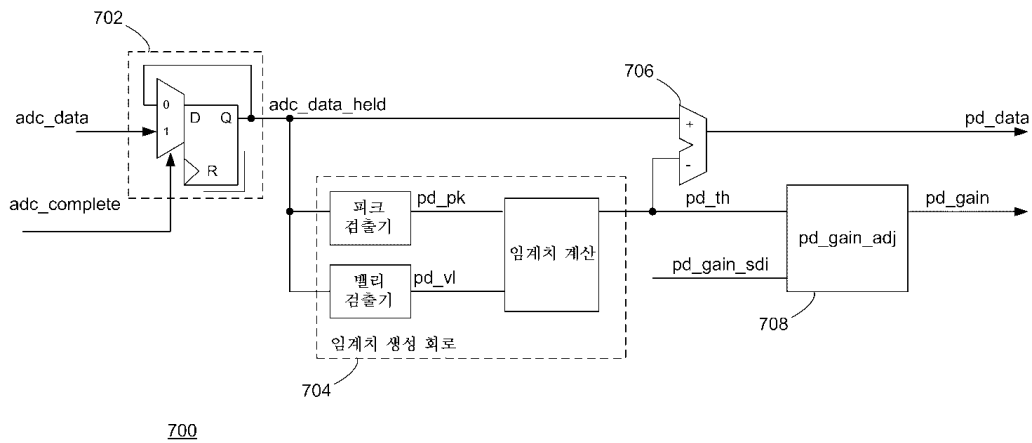
도면5



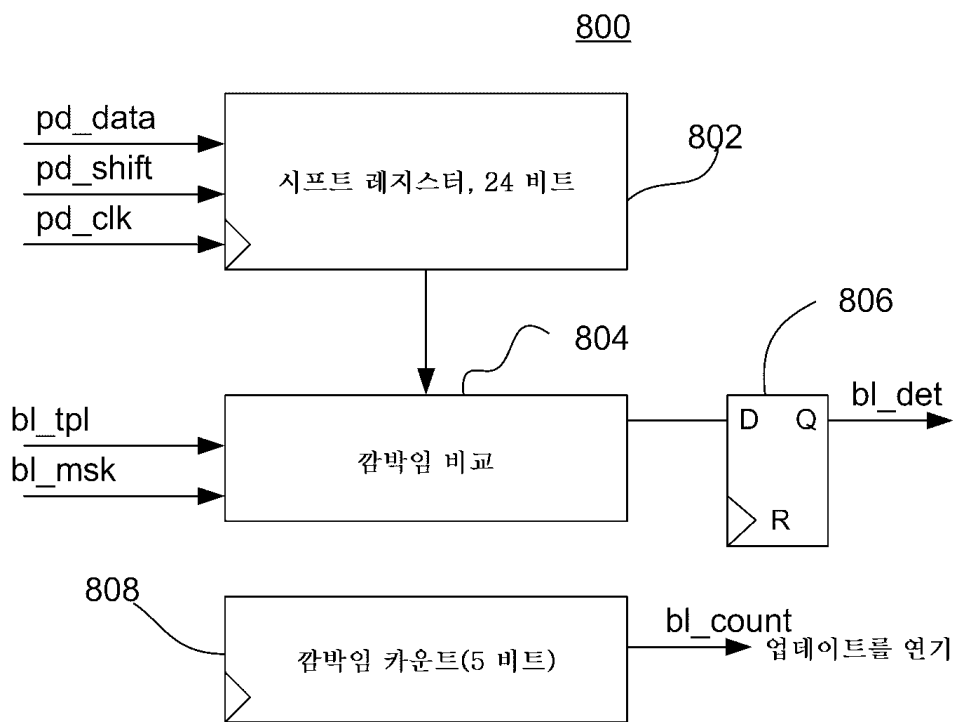
도면6



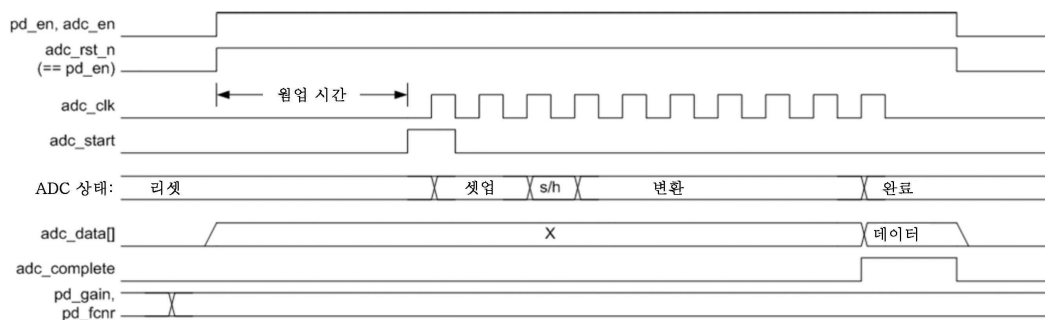
도면7



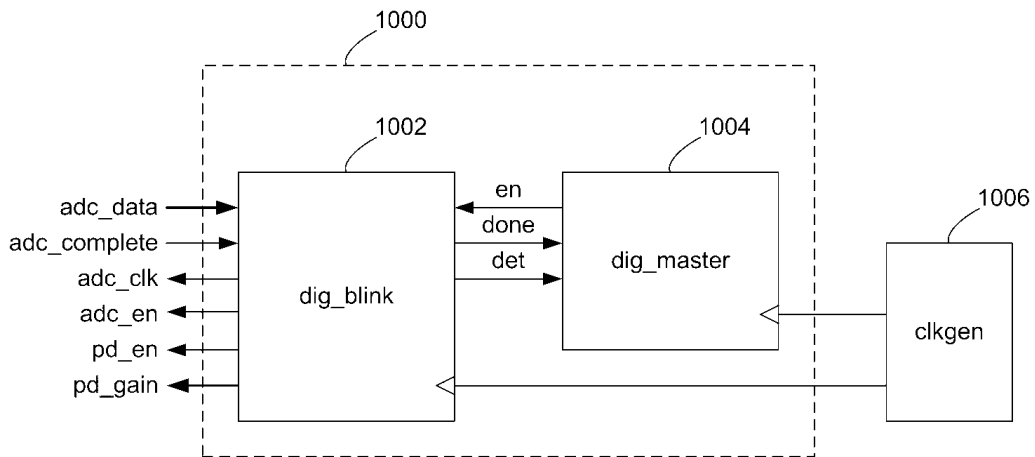
도면8



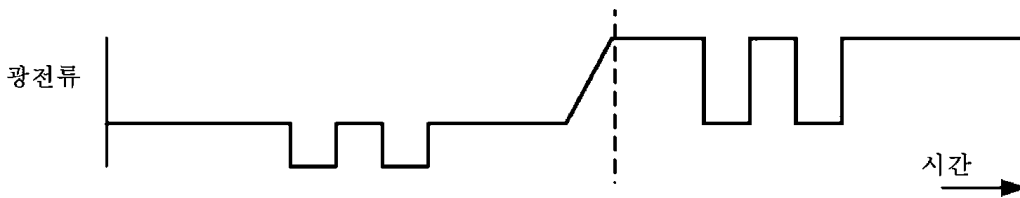
도면9



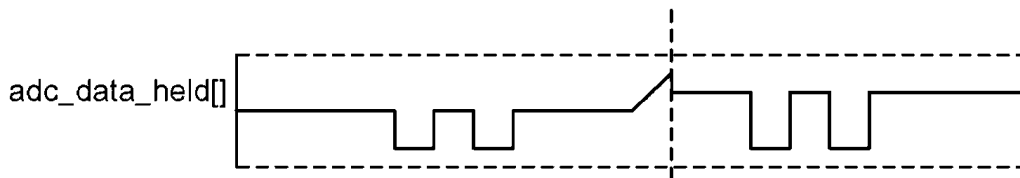
도면10



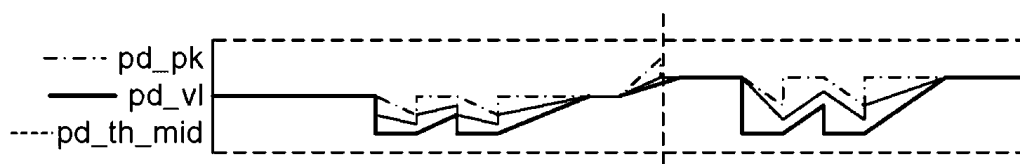
도면11a



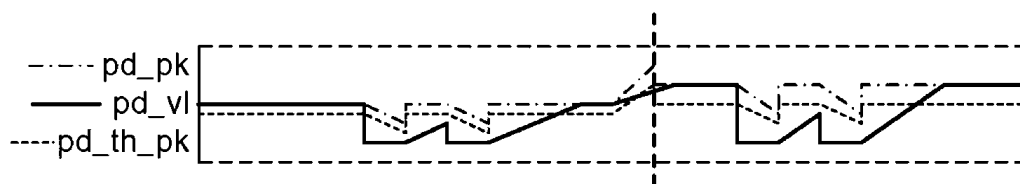
도면11b



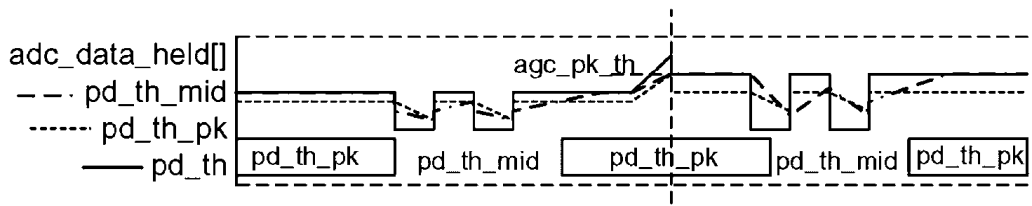
도면11c



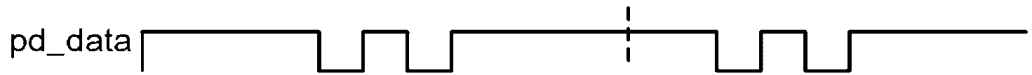
도면11d



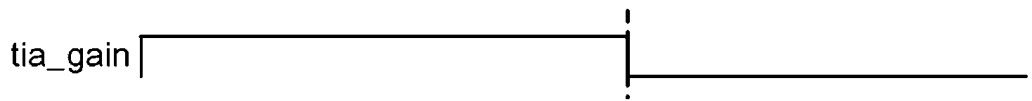
도면11e



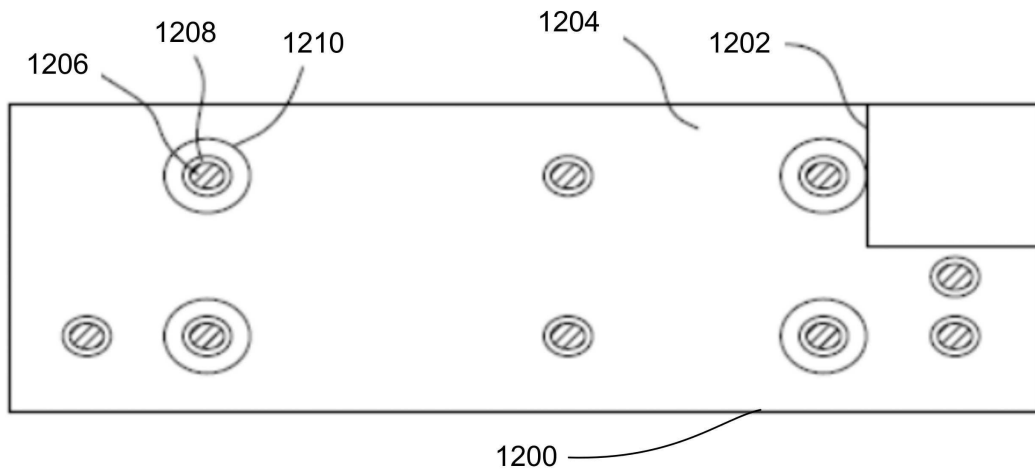
도면11f



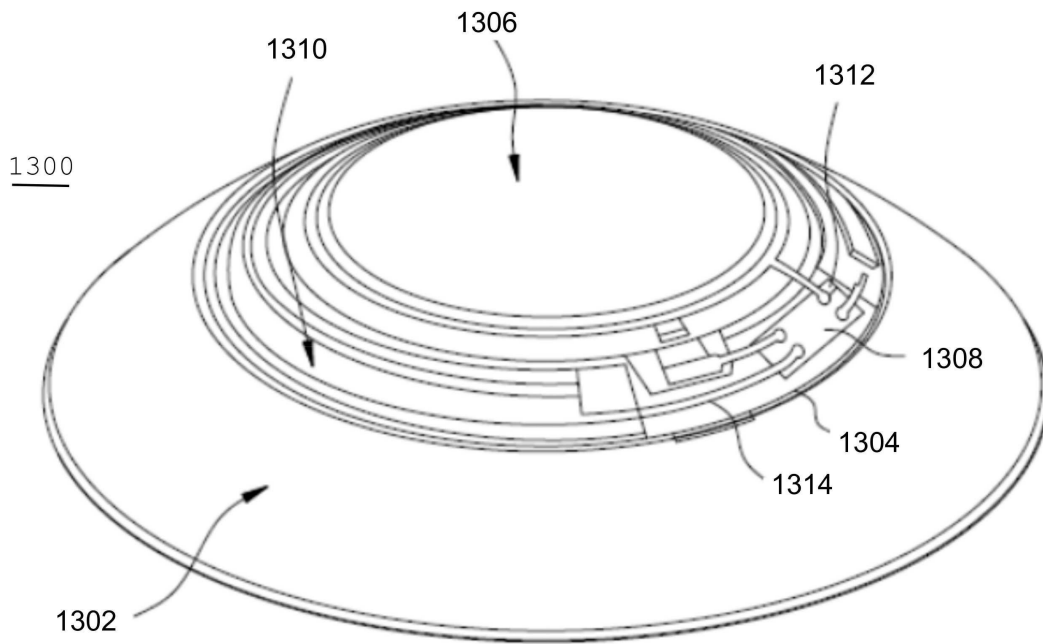
도면11g



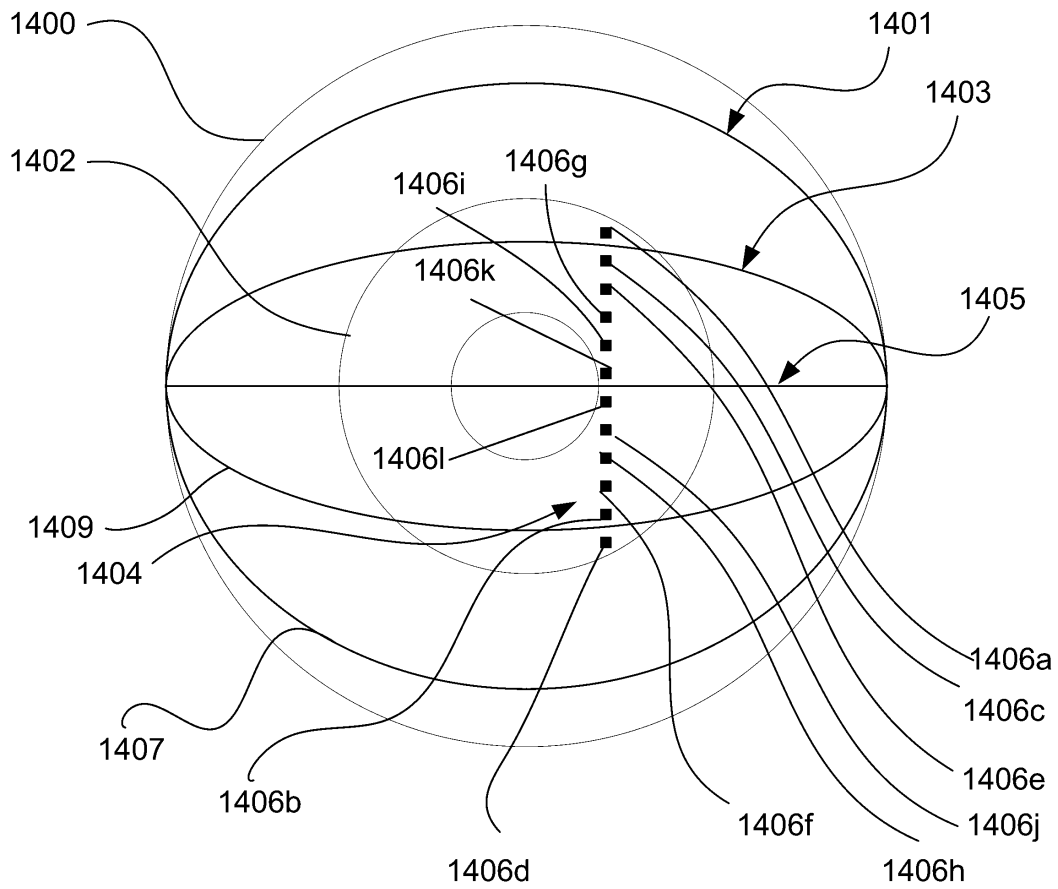
도면12



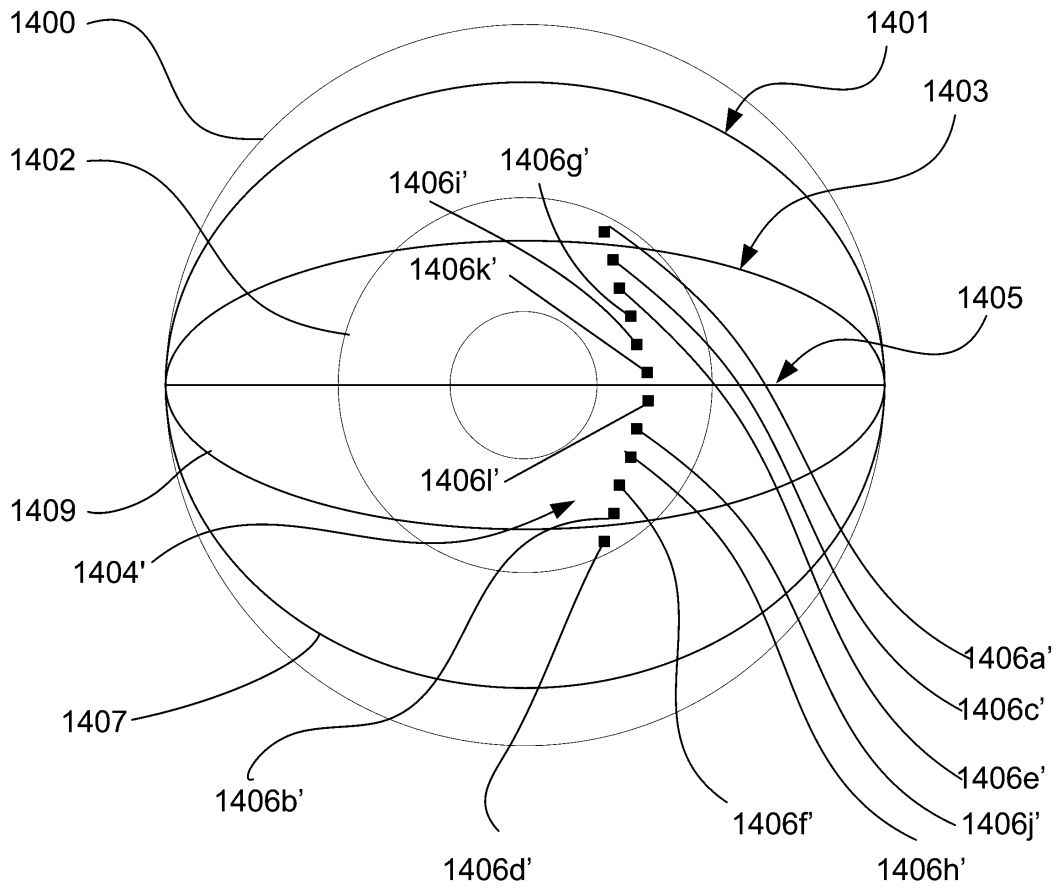
도면13



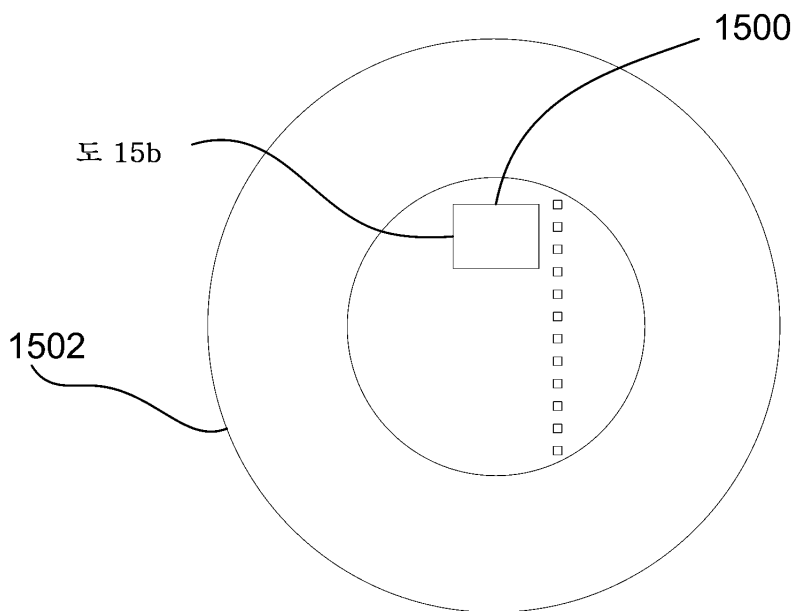
도면14a



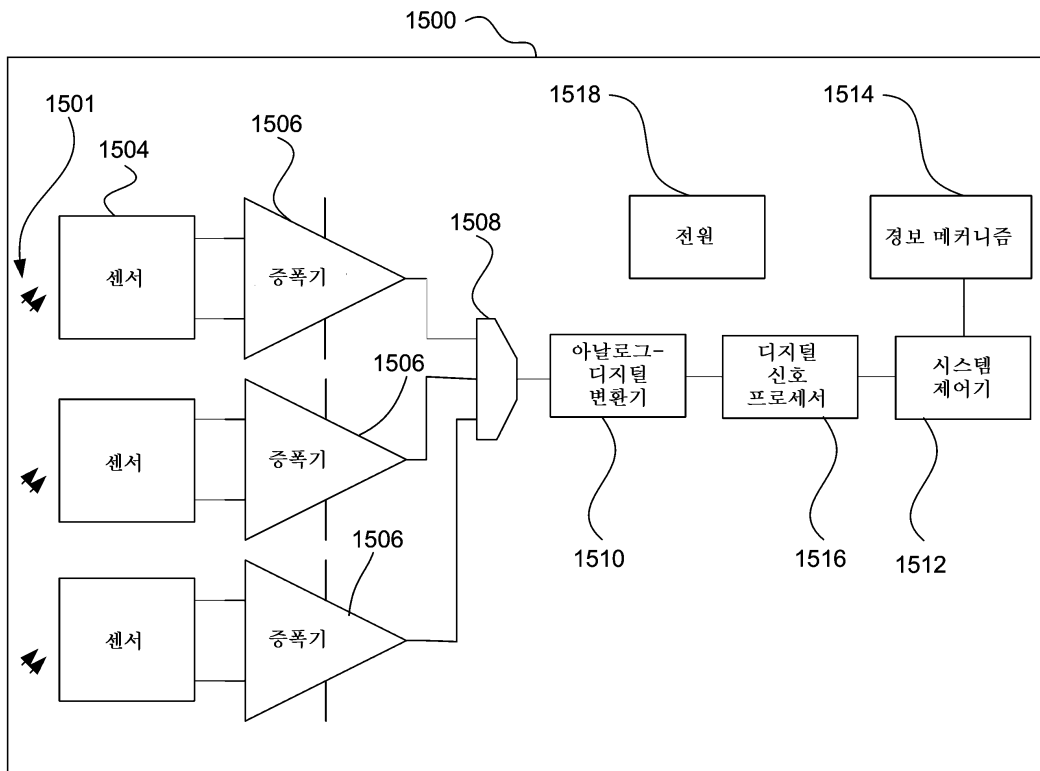
도면14b



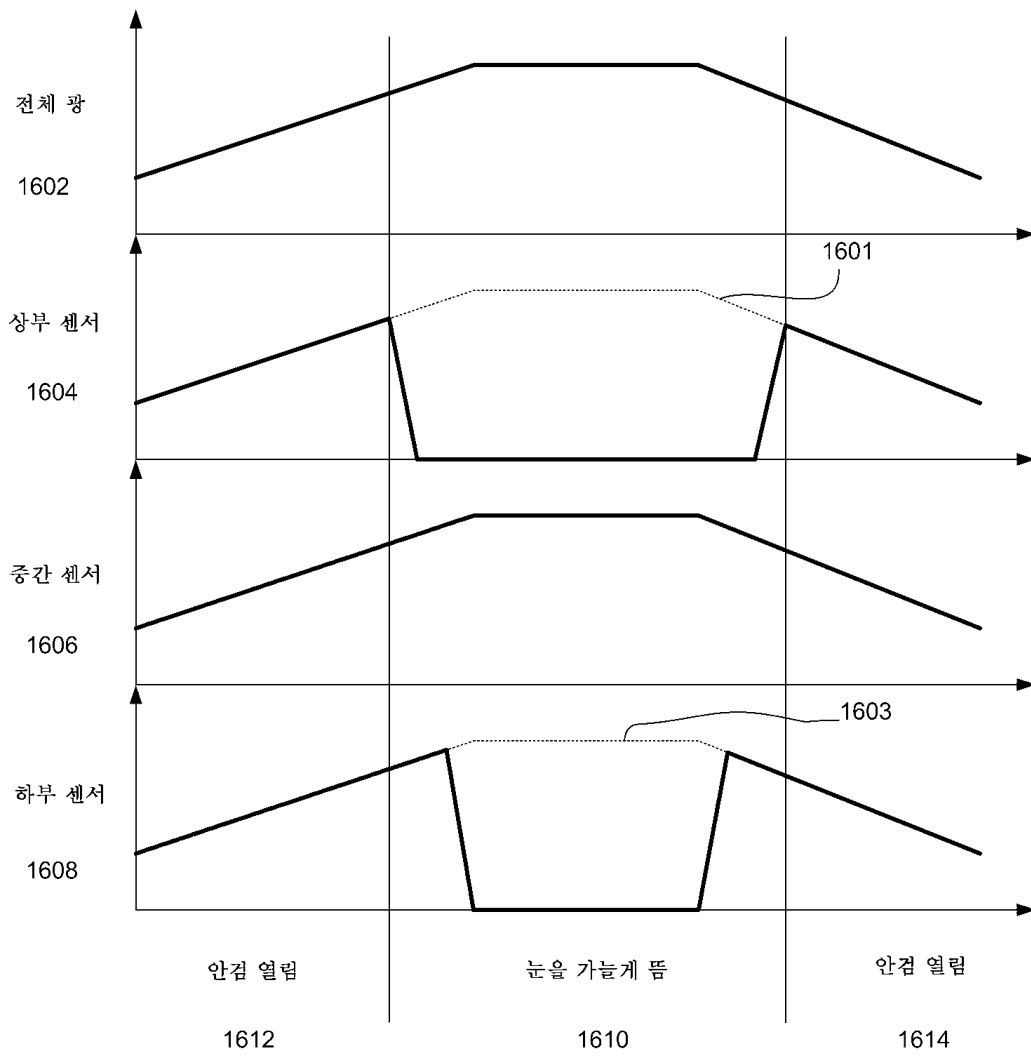
도면15a



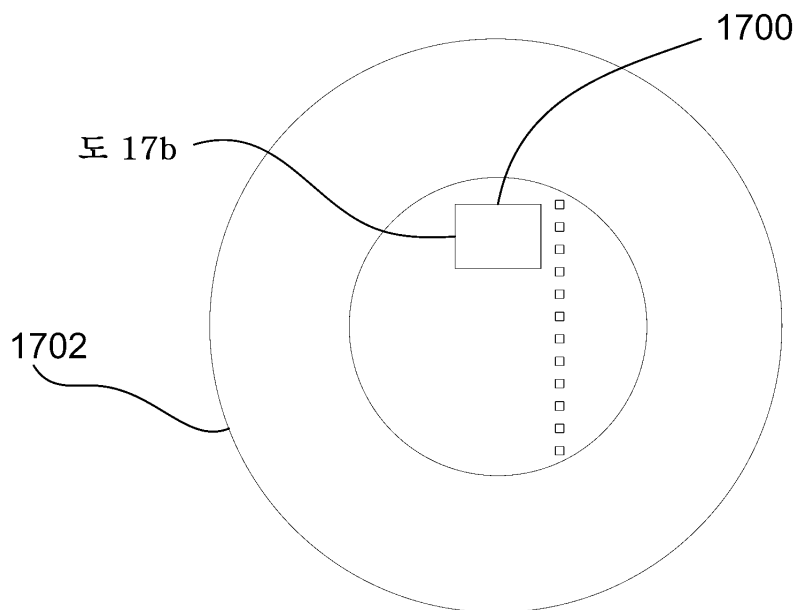
도면15b



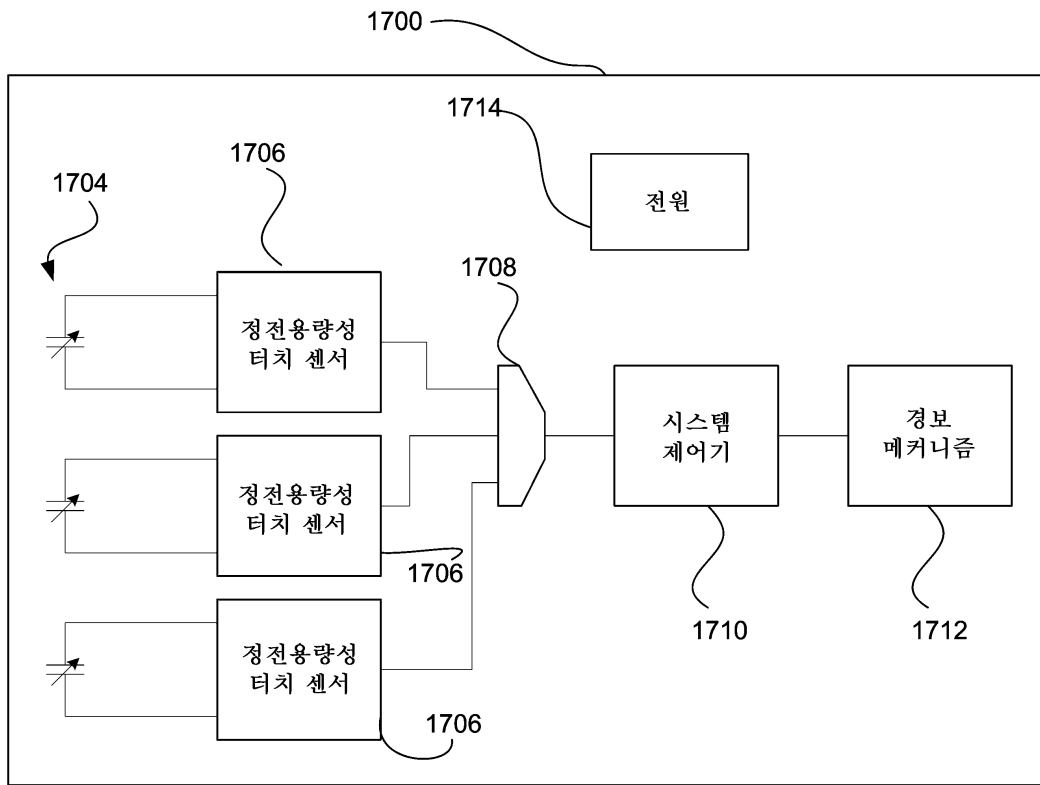
도면16



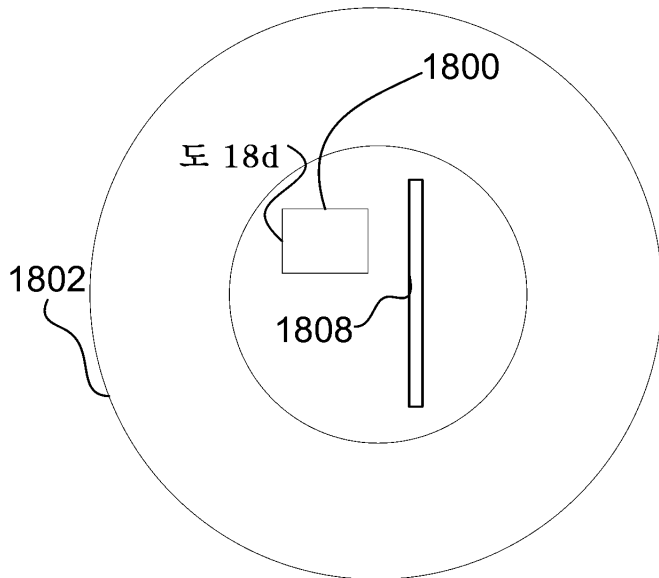
도면17a



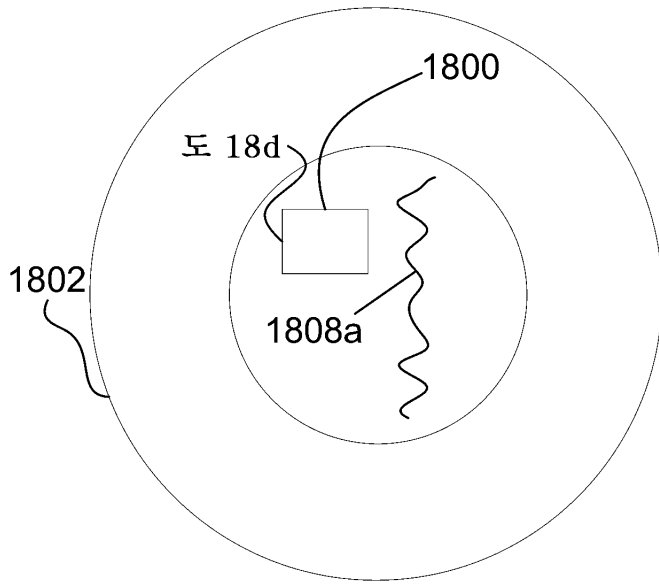
도면17b



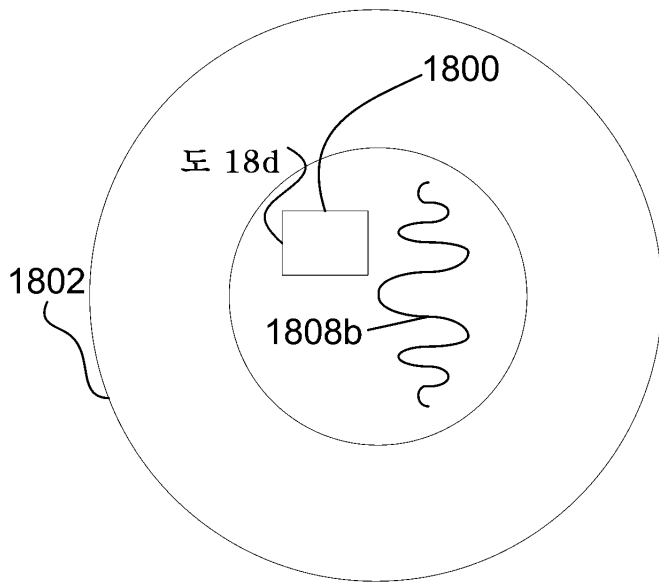
도면18a



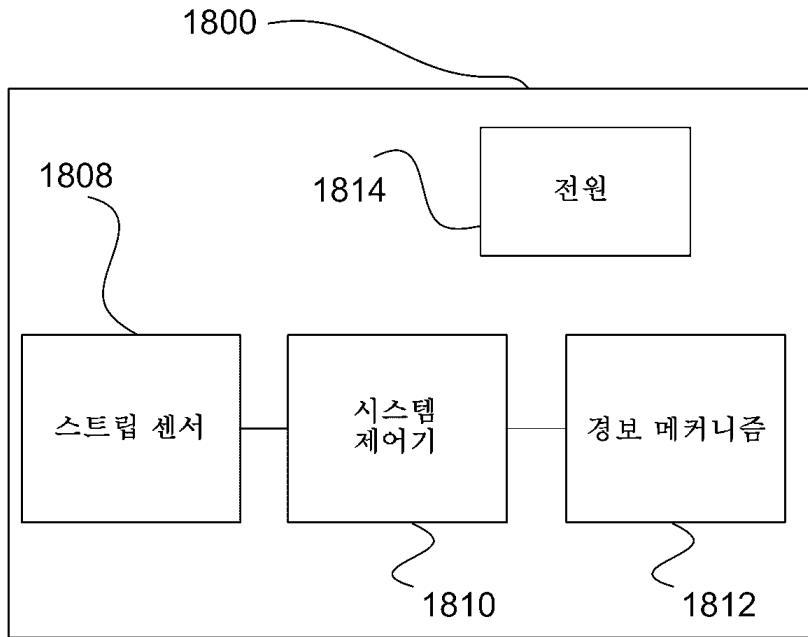
도면18b



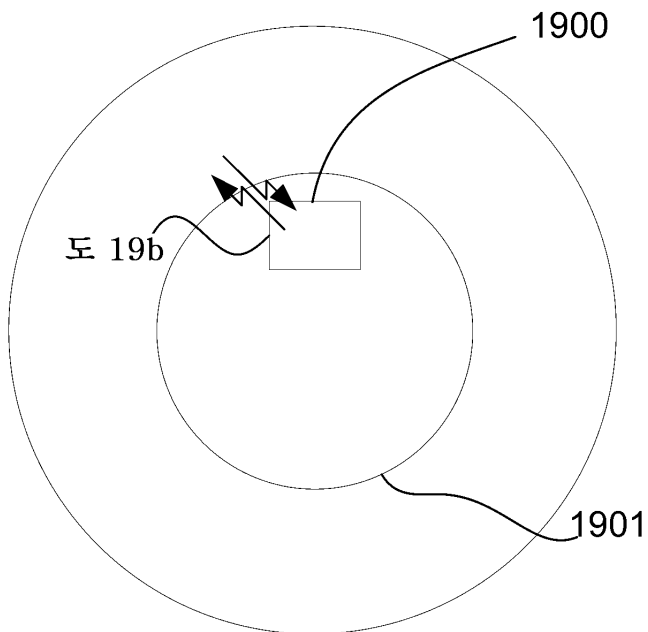
도면18c



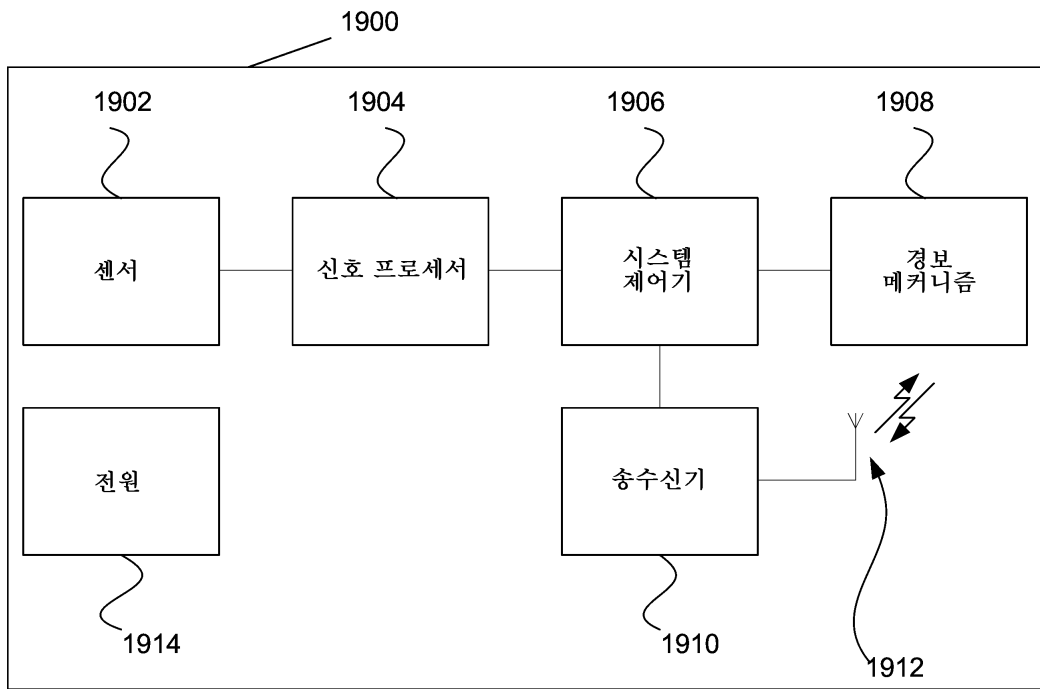
도면18d



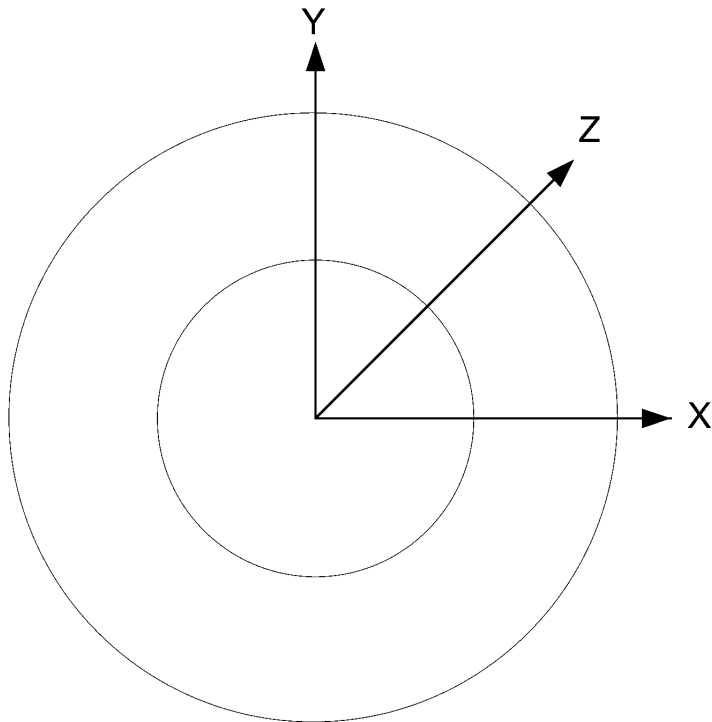
도면19a



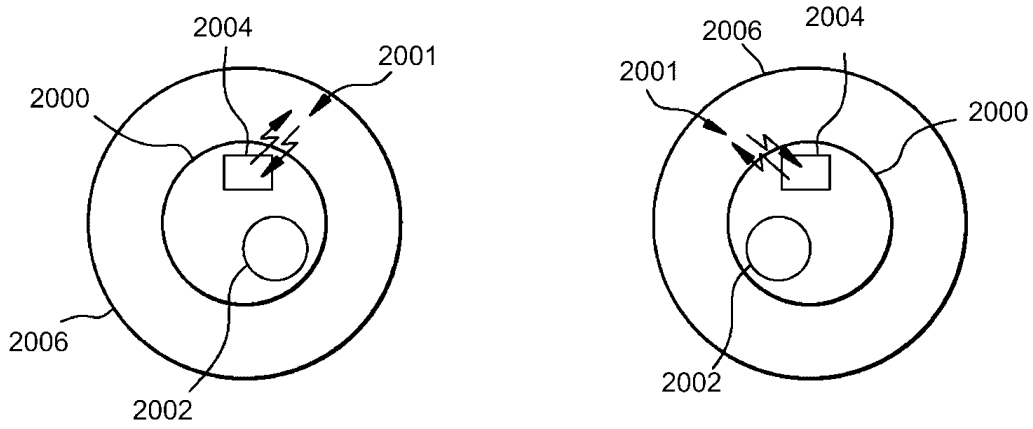
도면19b



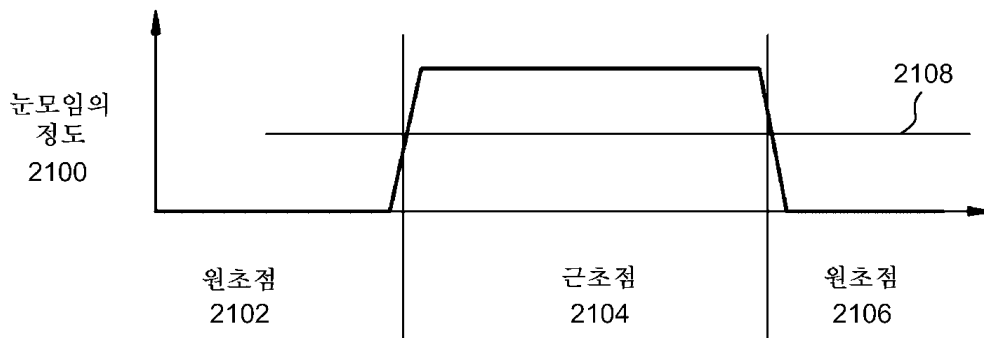
도면19c



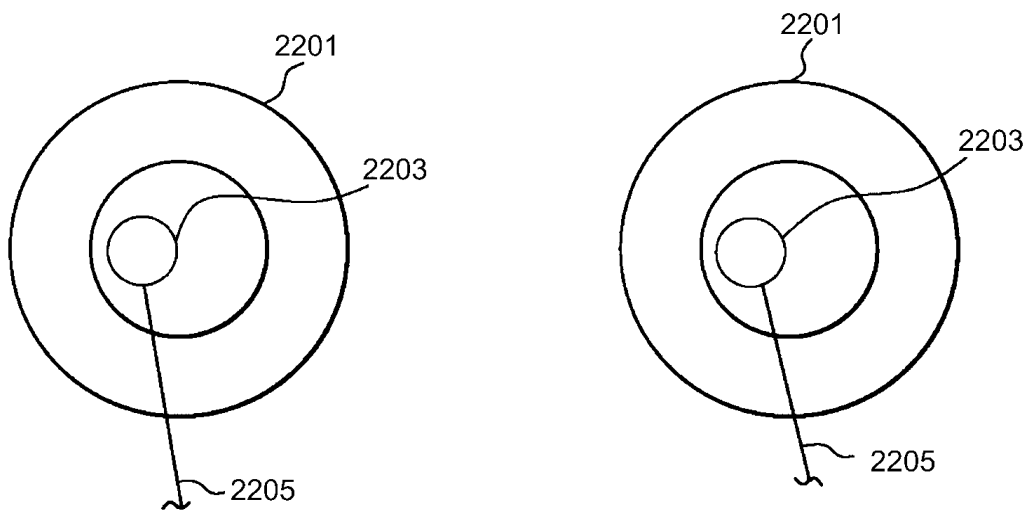
도면20



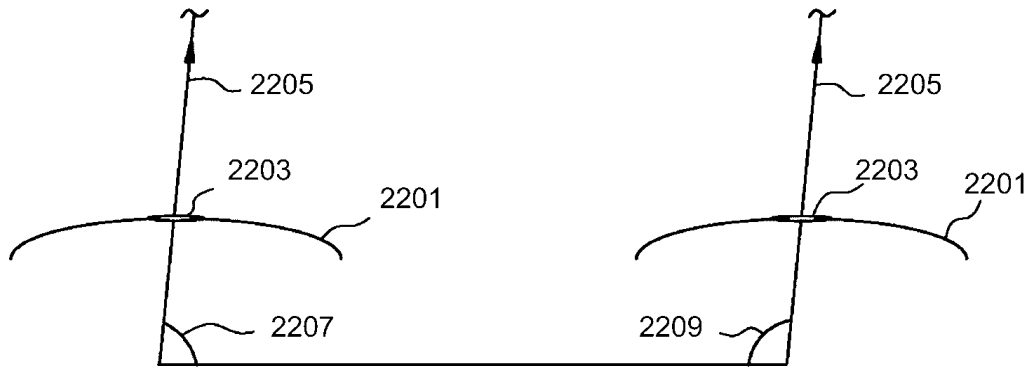
도면21



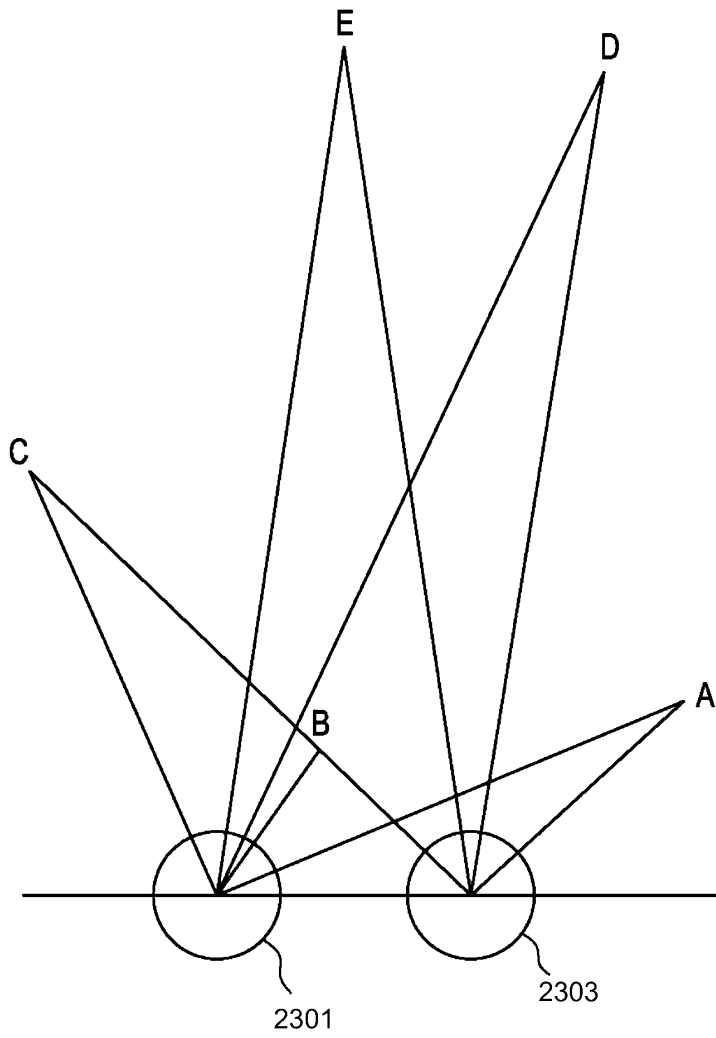
도면22a



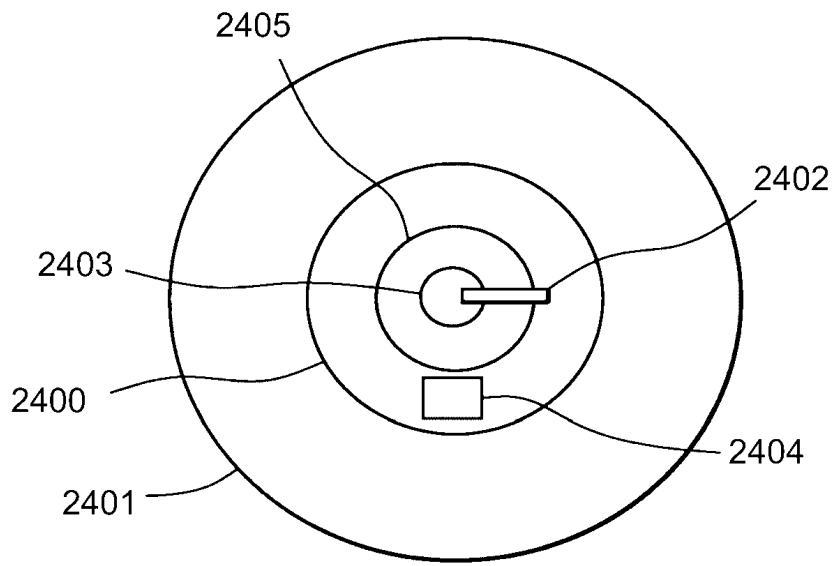
도면22b



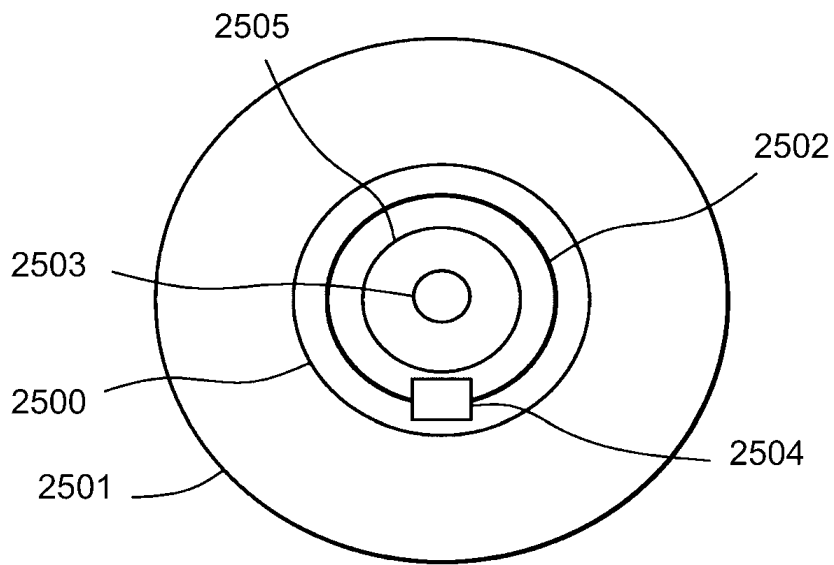
도면23



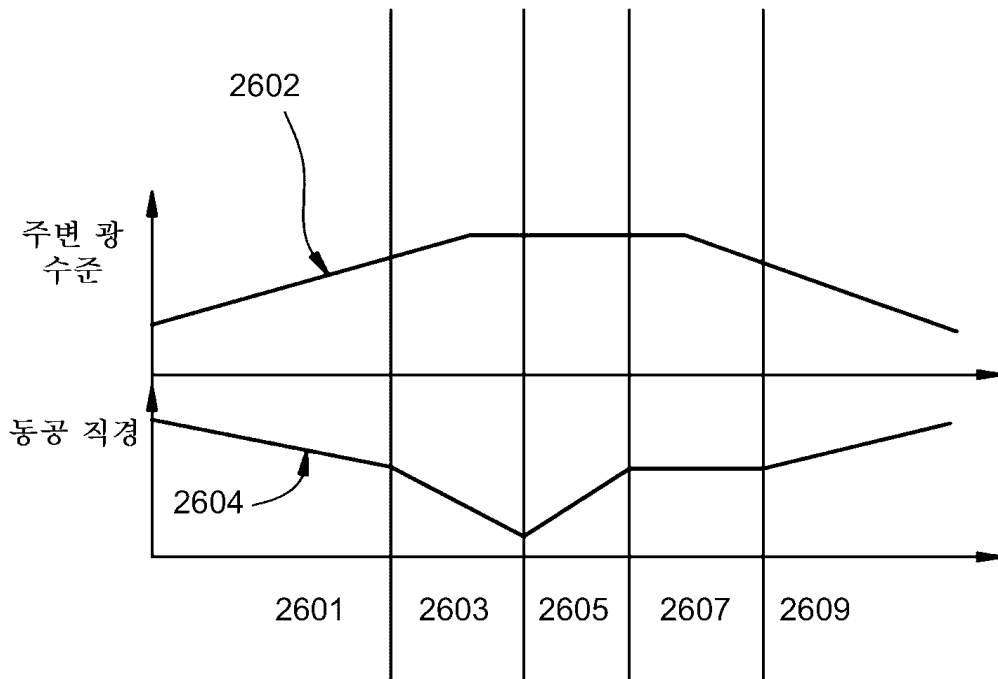
도면24



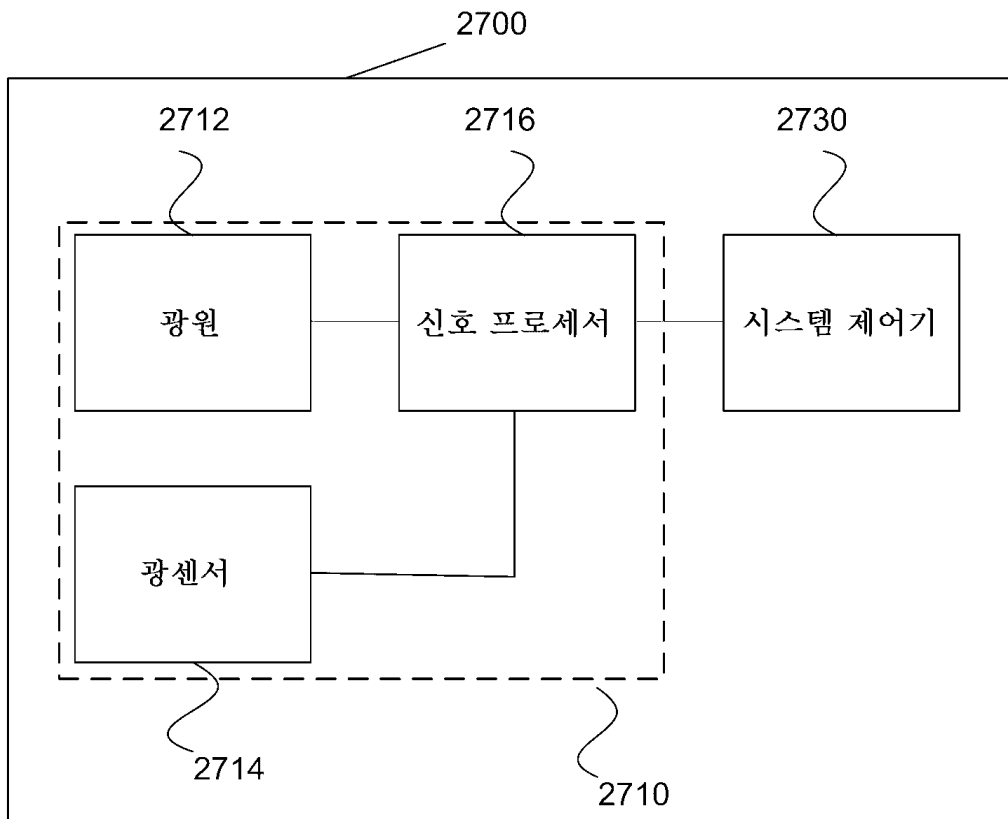
도면25



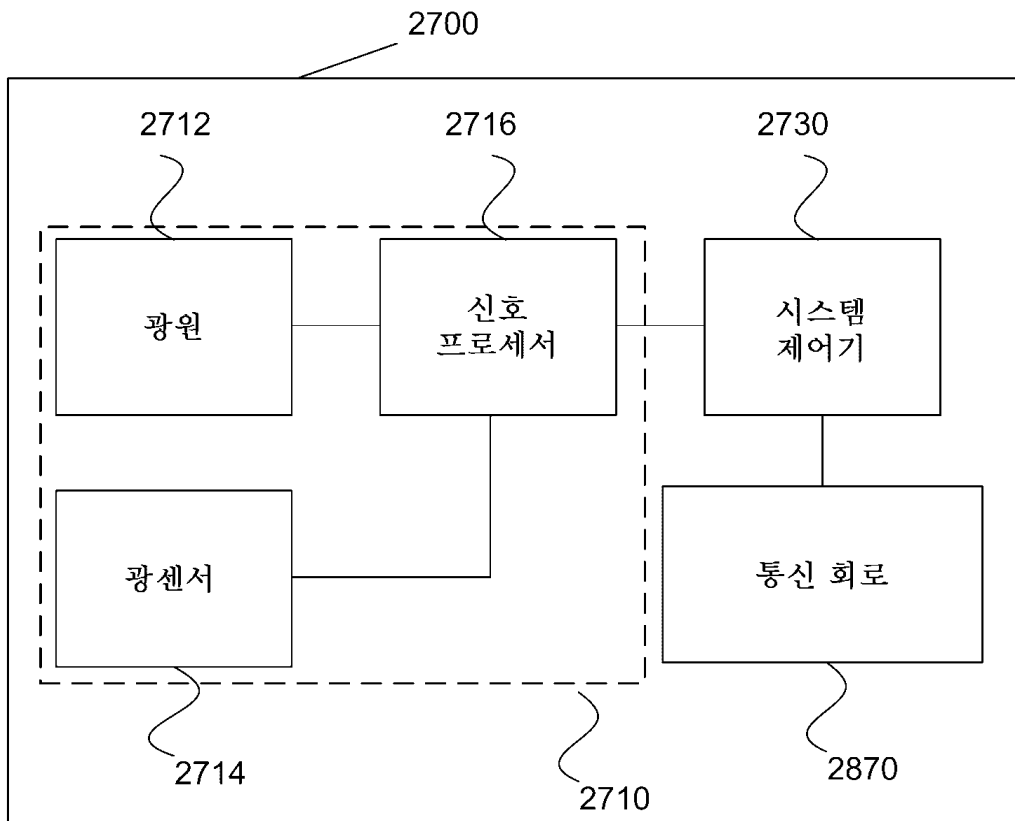
도면26



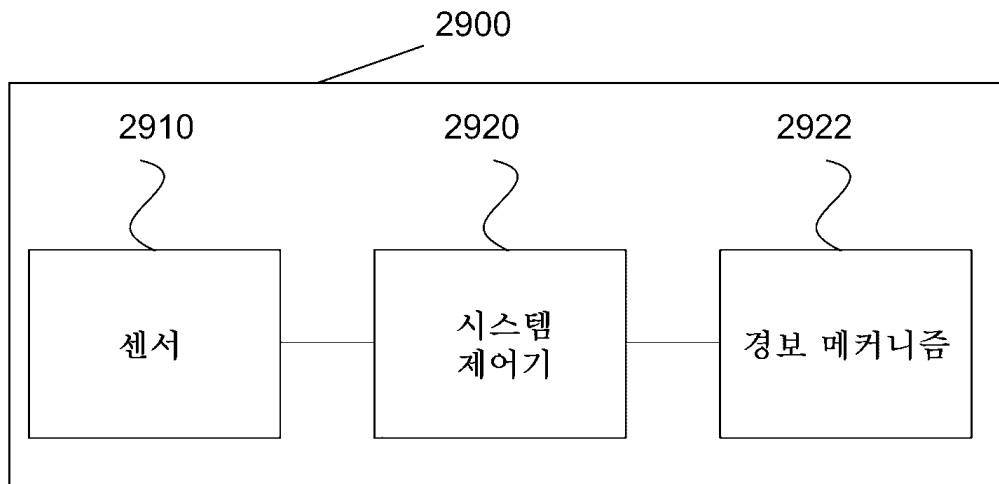
도면27



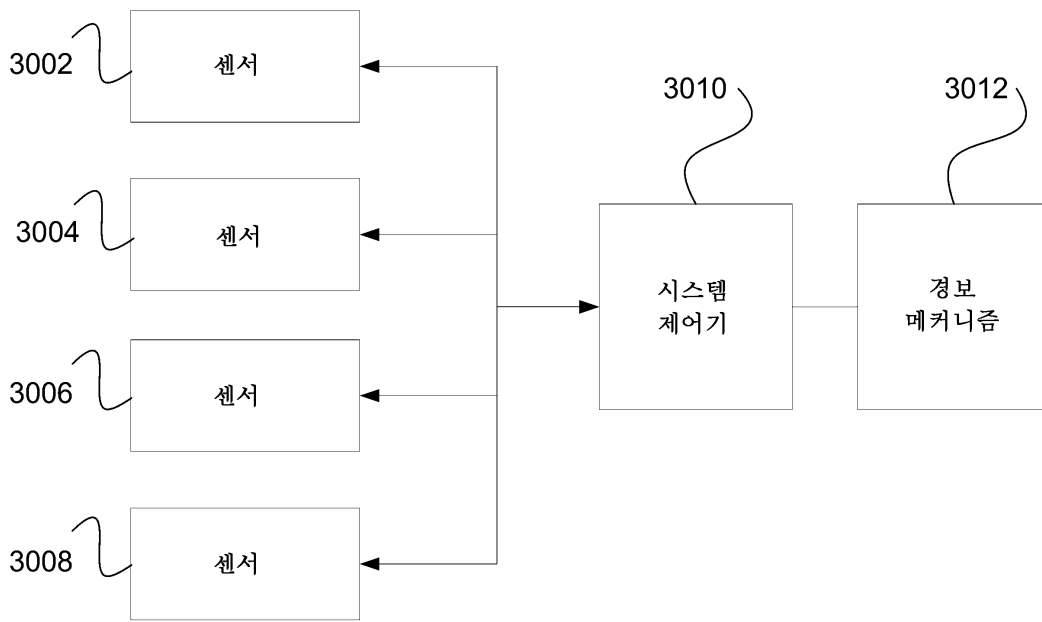
도면28



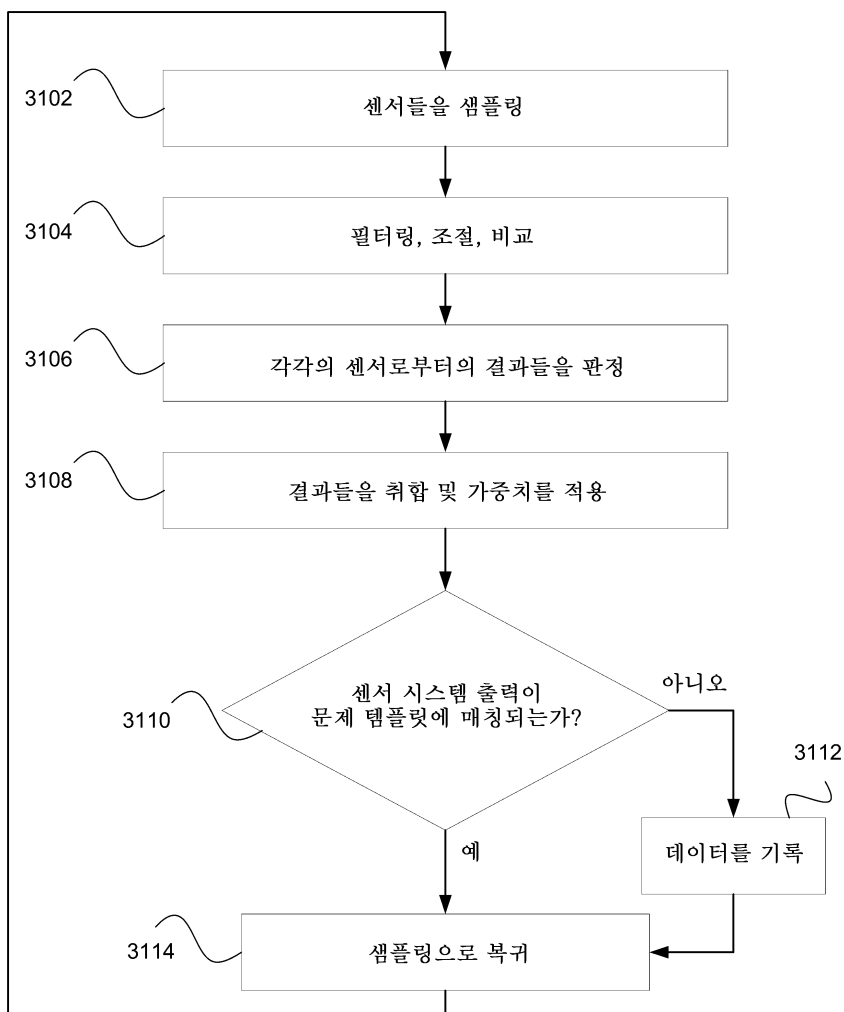
도면29



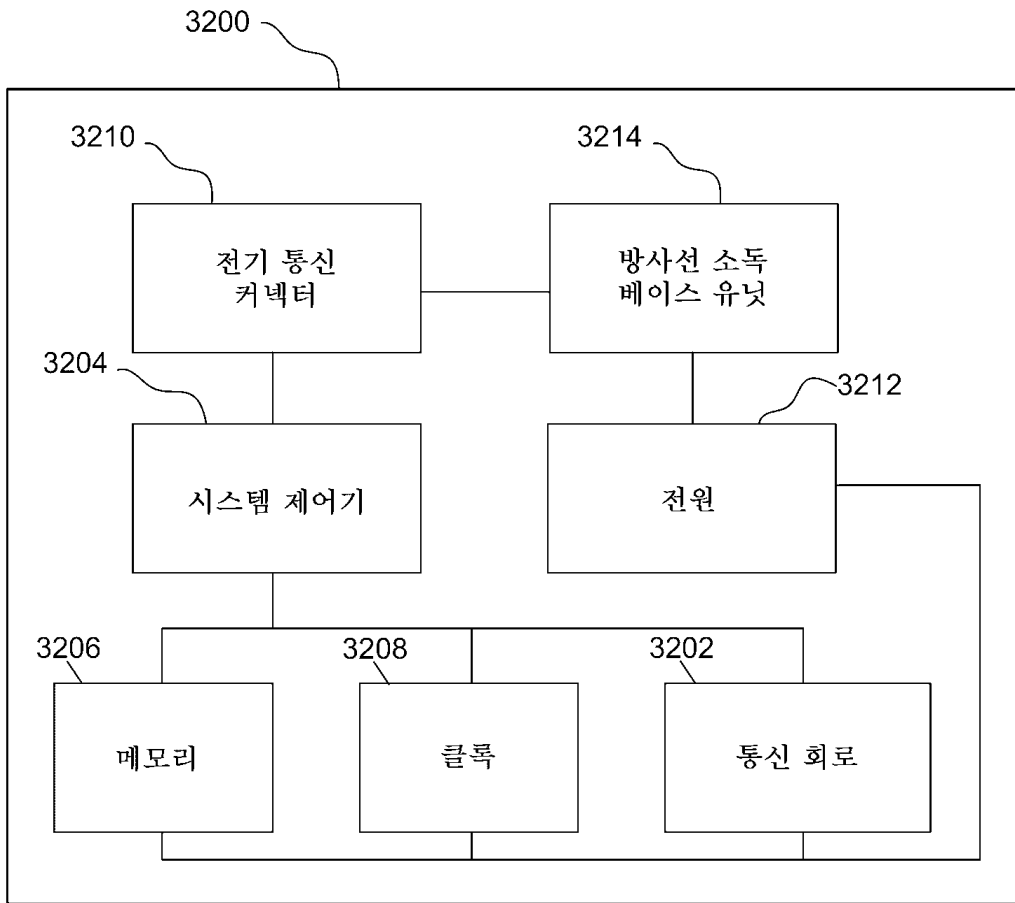
도면30



도면31



도면32



专利名称(译)	电子镜头与医疗监测		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020170140090A</a>	公开(公告)日	2017-12-20
申请号	KR1020170071323	申请日	2017-06-08
[标]申请(专利权)人(译)	庄臣及庄臣视力保护公司		
申请(专利权)人(译)	强生视力保健公司		
[标]发明人	PUGH RANDALL B 퓨랜달비 TONER ADAM 토너아담		
发明人	퓨랜달비. 토너아담		
IPC分类号	A61B3/113 A61B5/00 G02C7/04		
CPC分类号	A61B3/113 A61B5/7271 A61B5/746 G02C7/04 A61B3/0025 A61B3/10 A61B3/112 A61B3/14 A61B5/0002 A61B5/0015 A61B5/01 A61B5/0496 A61B5/1103 A61B5/14555 A61B5/6821 A61B5/7246 A61B5/742 A61B2560/0475 A61B2562/0219 A61F2/16 G02C7/083 G04G11/00		
代理人(译)	张本勋		
优先权	15/179184 2016-06-10 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

包括至少一个传感器和至少一个问题模板以监测佩戴者的医疗状况。在至少一个实施例中，镜片与第二镜片和/或外部设备一起操作，以监测医疗状况或执行佩戴者的测试方案。至少一个传感器的示例包括间隙位置传感器系统，眼睛运动传感器系统，生物传感器，生物阻抗传感器，温度传感器和脉冲血氧计。

