(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0108952
(43) 공개일자 2018년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/05 (2006.01) *A61F 2/14* (2006.01)
A61F 9/008 (2006.01) *A61N 1/36* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 1/0543 (2013.01)
A61F 2/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0037035
(22) 출원일자 2017년03월23일
심사청구일자 2017년03월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
가천대학교 산학협력단
경기도 성남시 수정구 성남대로 1342 (복정동)
(72) 발명자
김성우
서울특별시 서초구 신반포로 270 123동 401호 (반포동,반포자이아파트)
김정석
경기도 용인시 기흥구 용구대로 2242 인성현대 102동 307호
(74) 대리인
손민

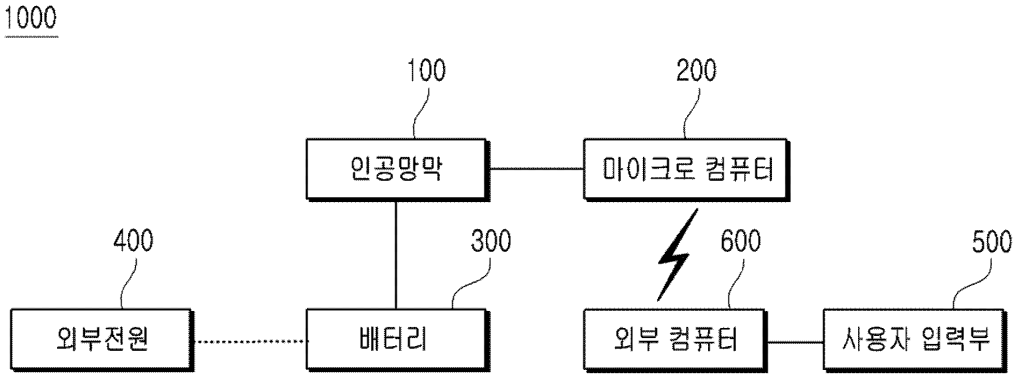
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템**

(57) 요 약

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템을 제공한다. 본 발명의 실시예에 따른 인공 망막 시스템은 망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100) 및 각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)에서 출력되는 전기 신호의 크기를 적어도 하나의 레퍼런스 값과 비교하고, 비교 결과에 따라 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 마이크로컴퓨터(200)를 포함하며, 상기 각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 제어된 전기 신호로 자극할 수 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
A61N 1/36046 (2013.01)
A61N 1/36128 (2013.01)
A61F 2009/00863 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100); 및

각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)에서 출력되는 전기 신호의 크기를 적어도 하나의 레퍼런스 값과 비교하고, 비교 결과에 따라 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 마이크로컴퓨터(200);를 포함하며,

상기 각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 제어된 전기 신호로 자극하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각 포토다이오드 셀(110)은,

외부로부터 유입된 빛을 전기 신호로 변환하여 출력하는 포토다이오드(111);

상기 포토다이오드(111)로부터 출력되는 전기 신호를 복사하는 복사기(112);

상기 복사기(112)로부터 출력되는 전기 신호를 증폭 또는 감쇠하는 증폭기(113); 및

상기 증폭기(113)로부터 출력되는 전기 신호로 상기 시세포를 자극하는 자극 전극(115)을 포함하며,

상기 마이크로컴퓨터(200)는 상기 증폭기(113)의 게인을 조절하여 상기 포토다이오드 셀(110)로부터 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 각 포토다이오드 셀(110)은,

상기 각 포토다이오드 셀(110)로부터 출력되는 전기 신호가 바이페이직 전기 신호의 형태를 갖도록 하는 컨버터(114)를 더 포함하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 마이크로컴퓨터(200)에는 상기 적어도 하나의 레퍼런스 값 중 어느 하나의 레퍼런스 값 이상 다른 하나의 레퍼런스 값 미만 사이의 범위 값에 대응하는 게인 값이 저장되어 있고,

상기 적어도 하나의 레퍼런스 값의 개수가 N일 때, 상기 게인 값의 개수는 N+1인,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 마이크로컴퓨터(200)는,

상기 복사기(112)에 의해 복사된 전기 신호를 전압 신호로 변환하는 트랜스임피던스 증폭기(210);

상기 트랜스임피던스 증폭기(210)에 의해 변환된 전압의 크기를 상기 문턱값과 비교하는 비교기(220);

상기 비교기(220)에 의한 비교 결과에 따라 상기 증폭기(113)를 제어하는 컨트롤러(230); 및

상기 컨트롤러(230)에 의해 결정되는 상기 증폭기(113)의 게인 값이 저장되는 메모리(240);를 포함하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

사용자 명령을 입력받는 사용자 입력부(500); 및

상기 사용자 명령에 따라 상기 마이크로컴퓨터(200)를 실행하는 외부 컴퓨터(600);를 더 포함하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 마이크로컴퓨터(200)는,

상기 외부 컴퓨터(600)와 무선으로 통신하기 위한 통신부(250)를 더 포함하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 8

망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100); 및

각 포토다이오드 셀(110)들의 어느 하나의 포토다이오드(111a)에서 흘러나오는 전기 신호와 상기 어느 하나의 포토다이오드(111a)와 인접한 포토다이오드(111b)에서 흘러나오는 전기 신호의 크기를 비교하고, 비교 결과에 따라 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 마이크로컴퓨터(200);를 포함하며,

상기 각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 제어된 전기 신호로 자극하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 마이크로컴퓨터(200)는,

상기 비교 결과에 따라, 포토다이오드 셀(110)의 자극 전극(115a, 115b)에 연결되는 스위치(S_1, S_2)를 제어함으로써 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 마이크로컴퓨터(200)는,

보다 큰 전기 신호를 출력하는 포토다이오드(111b)에 연결된 스위치(S_2)를 닫고,

보다 작은 전기 신호를 출력하는 포토다이오드(111a)에 연결된 스위치(S_1)를 여는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

청구항 11

망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100); 및

각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)에서 흘러나오는 전기 신호의 크기를 적어도 하나의 레퍼런스 값과 비교하고, 비교 결과에 따라 전류 생성기(260)를 통해 전류를 출력하도록 제어하는 마이크로컴퓨터(200);를 포함하며,

각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 출력 제어된 전류로 자극하는,

대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 종래의 인공 망막에 비해 대비 감도가 향상된 인공 망막 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 망막은 각막, 수정체를 통해서 들어온 외부 영상을 전기적 신호로 변환하여 뇌로 전달하는 중요한 신경조직이다. 망막의 넓이는 약 6.25cm^2이며, 망막에는 약 1억개의 시세포가 존재한다. 시세포층 대다수의 비중을 차지하는 막대 세포들은 영상을 전기 신호로 바꾸고, 이러한 신호들이 시신경으로 들어가 시속 약 480km의 속도로 뇌에 전해지게 된다. 뇌는 미세한 전기신호를 해석하여 영상을 파악하며, 사물을 판단하게 된다. 망막은 단위면적당 혈액 공급이 가장 많은 조직 중 하나로, 많은 에너지원이 필요하고 화학작용의 부산물로 생기는 노폐물이 원활히 제거되어야 한다. 어떤 이유든 망막혈관 또는 맥락막 혈관에 이상이 생기면 망막에 이상이 발생하여 다양한 질환이 발생하게 된다.

[0003] 망막질환으로 망막색소변성증(Retinitis Pigmentosa, RP)은 망막에 분포하는 광수용체의 기능장애로 인하여 발생되는 진행성 망막변성질환으로, 망막의 광수용체와 망막색소상피가 주된 병소이며 양쪽 눈에 모두 나타나는 것이 특징이다. RP의 유병율은 세계적으로 5000명 중 1명으로 보고되고 있다. 다른 망막질환으로 노인황반변성(Age-related Macular Degeneration, AMD)은 3대 실명질환 중 하나로, 최근 인구의 급속한 노령화로 인하여 유병률이 크게 증가하는 추세이다. AMD 환자들은 RP 질환으로 인한 저 시력 환자들과는 다르게 비교적 단기간에 시력이 악화되는 경우가 많고, AMD 환자들에서 눈으로 인한 실제 생활 장애 정도와 심리적 위축은 다른 질환에 비해 큰 것으로 보고되고 있다.

[0004] 실명이 된 환자들을 치료하기 위하여 최근 유전자 치료, 줄기세포, 약물 치료 등 다양한 치료법들이 시도되고 있다. 그러나 대부분의 실명 환자들은 이미 망막 시세포 층이 손상되어 유전자 치료나 약물 치료 가능 시기가 지난 경우가 대부분이다. 하지만 RP와 AMD 같은 노인성 질환의 경우 망막의 바깥층인 시세포 층만 손상이 되었기 때문에, 시세포 층의 기능을 대체해 준다면 시력 회복 가능성이 존재한다. 따라서, 실명된 환자에게 망막의 시세포 층에 전기적 자극을 유도하여 시력을 회복시키는 인공망막이 새로운 치료법으로 유망한 실정이다.

[0005] 도 1을 참조하면, 인공망막은 설치되는 위치에 따라 에피형(Epi-retinal)과 서브형(Sub-retinal)으로 구분될 수 있다. 에피형의 경우, 망막 앞에 위치하고 서브형의 경우 망막 뒤 시세포 층에 위치한다. 에피형의 인공망막은 망막세포 중 신경절(Ganglion) 세포층을 자극하고, 서브형의 인공망막은 후방의 양극(bipolar) 세포층을 자극한다. 에피형의 인공망막은 망막 전방에 신경 세포 자극기가 위치되므로 망막 내층의 신경 세포들의 중간 신호처리 과정이 진행되지 않는다. 따라서, 에피형 인공망막은 외부의 카메라가 별도로 구비된다. 외부의 카메라는 안경에 장착되어 제공되며, 카메라로부터 얻어진 영상 정보는 유도 코일을 통해 무선으로 안구 내 미세 전극 어레이에 도달하게 되고, 망막 내층의 신경 세포들의 중간 신호처리 과정 없이 직접적으로 망막 신경절세포(retinal ganglion)를 자극하게 된다. 한편, 환자에 따라 전기 자극에 반응하는 역치가 다르며, 망막세포 손상 부위에 따라 인가해주어야 할 전기 자극의 크기 또한 상이하다. 에피형의 인공망막은 외부에 있는 이미지 프로세서에서 각각 전극을 독립적으로 제어하는 방식이다. 따라서, 전기적 펄스의 크기를 환자에 따라 혹은 손상 부위에 따라 자유롭게 바꿀 수 있는 장점이 있다.

[0006] 종래기술로서, 미국에 판매되고 있는 Second sight의 ArgusⅡ 제품의 경우 64개의 전극을 독립적으로 제어할 수

있으며, 각각 전극에서 발생하는 전기 자극의 크기 또한 제어가 가능하다. 다만, 에피형 인공망막의 경우, 망막이 매우 얇고 연약하므로 전극 고정이 어려운 단점이 있다. 또한, 망막 내측에 위치하여 유리체강으로 노출될 수 있고 섬유조직으로 둘러쌓여 전기 자극이 전달되지 못할 가능성이 있다. 또한, 망막의 윗면에서 전기 자극을 줄 경우 망막신경섬유층이 자극되어 신호가 퍼지거나 망막 여러 층의 세포가 한꺼번에 자극되어 공간 해상도를 높이는 개량이 어려운 단점이 있다. 에피형 인공망막은 망막 내 신호처리과정을 활용하지 못하므로 자극하는 전극 격자의 모양과 실제로 환자가 느끼는 모양이 다를 수 있기 때문에 환자 개개인에 따른 맞춤형 화상처리가 필요하다. 따라서, 서브형 인공망막보다 다양한 부품과 이들을 연결해주는 신호 전달부가 요구되는 단점이 있다.

[0007] 서브형 인공망막의 경우 포토다이오드 어레이가 망막 세포층 하부인 광수용 세포층에 위치한다. 서브형 인공망막은 단순히 광수용체의 기능을 대체하는 것을 목표로 고안되었으며 양극 세포(bipolar cell)를 1차적인 전기자극 대상으로 삼는다. 이를 위하여 서브형 인공망막은 빛을 감지하는 포토다이오드와 자극용 전극을 일체화하고, 포토다이오드에서 나오는 전류가 바로 전극으로 흘러서 망막신경세포를 자극할 수 있도록 설계된다. 포토다이오드 어레이는 CMOS 이미지 센서와 비슷한 기능을 수행한다. 빛의 강도에 따라 각각의 포토다이오드 셀에서 생성되는 암전류의 크기가 다르고, 이 전류가 변환 회로를 거치면서 활성 전위 역할을 하게 되는 바이페이직 전류 펄스로 변화된다. 서브형 인공망막의 장점은 양극 세포와 망막 내층의 정보처리를 통한 기존의 시각 전달 경로를 이용함으로써 물체를 인지함에 있어서 자연적인 느낌이 들도록 한다는 것이다. 게다가, 미세전극 어레이가 안구 내에 삽입됨으로써 자연적인 안구 운동이 가능한데, 이는 소형 카메라를 안경에 장착한 시스템의 경우에 물체를 보고 인지하기 위해서 물체가 있는 방향으로 눈이 아닌 고개를 돌려야 한다는 점과 비교하면 생리적이고 자연스럽다는 면에서 장점을 가진다고 할 수 있다. 또한, 망막 밑 자극 방법에 의해 만들어지는 화소(pixel)의 수가 지금까지 만들어진 인공망막들 중에서 가장 많기 때문에 높은 해상도를 구현할 수 있는 가능성이 시사되고 있다.

[0008] 또 다른 종래기술로서, 독일 Retina Implant 사에서 상용화에 성공한 Alpha IMS 모델은 1500개의 포토다이오드 어레이와 이와 매칭되는 바이페이직 전류생성 어레이를 가졌지만, 임상 실험에 의하면 실제 해상도가 63채널 에피형 인공망막의 해상도보다 못한 것으로 보고된다. 에피형 인공망막이 자극하는 경우를 보면, 카메라에서 캡쳐된 사진이 이미지 프로세싱을 통해서 디지털 신호로 변환되고 이것이 인코딩을 통해 직렬 디지털 신호로 바뀌어 인공망막으로 전달된다.

[0009] 현재 수술되는 위 두 제품은 모두 단순히 시세포의 빛을 전기로 바꾸어 전류를 발생하여 기존의 살아있는 망막의 구조들을 이용하여 시신경으로 신호를 전달하는 역할만을 수행한다. 그러나 RP나 AMD가 1차적으로는 시세포층이 소실되어 시력을 잃게 되는 질환이지만 실제 실명 환자들의 경우 2차적인 변화로 망막의 나머지 신경 전달층 예를 들면 양극세포나 수평세포 등도 소실되어 있는 경우가 많다. 도 2에서 수평세포(horizontal cell)는 시세포에서 발생한 전류자극을 망막의 신경절세포의 신경섬유층으로 직접 전달하지는 않지만 전달과정에서 전류의 세기를 조절하여 물체의 명암을 더욱 선명하게 구분하는 역할 하고 뇌에서 물체의 대비감도(Contrast Sensitivity)를 증가시키는 역할을 한다. 대비감도가 시력에서 중요한 이유는 밝거나 어두운 배경에서 물체의 형태(예를 들면, 얼굴 모양 등 이차원적 정보와 그림자를 포함하는 3차원적 입체형태)를 더욱 선명하게 배경과 구분하여 인지하는데 중요한 역할을 하기 때문이다. 즉, 신경세포들이 흥분하게 되면 수평세포를 통하여 옆에 있는 이웃 신경세포에 억제성 신경전달물질을 전달하여, 이웃 신경 세포가 덜 활성화되도록 만드는 생리적 회로가 존재하는데, 이는 경계를 명확히 지각하기 위한 기전으로 설명된다. 이를 수평세포에 의한 측면 억제라 한다.

[0010] 도 2를 참조하면, 수평세포(horizontal cell)는 그 돌기를 시신경섬유와 나란히 망막의 접선면내에 펼치고 있다. 가늘고 긴 수상돌기는 막대세포, 원뿔세포의 중추성 돌기 이에 종지하고, 가는 세포체는 내과립층에 위치한다.

[0011] 도 3-(a)를 참조하면, 주변부(surround)의 빛을 받지 못한 시세포(cone cell)은 평소처럼 탈분극 상태로 있으며, 글루타메이트(glutamate)를 분비하고 이는 off 양극세포(off bipolar cell)을 통해 off 신경절 세포(off ganglion cell)을 연달아 흥분시켜 사람이 해당 주변 부위가 어둡다고 느끼게 한다. 이 과정에서 주변부의 탈분극된 시세포는 그 부분의 수평세포를 흥분시킨다. 흥분된 수평세포는 인접한 빛을 받아 이미 과분극된 중심부(center)의 시세포를 더욱 과분극시켜 glutamate의 분비를 억제하고 on 양극세포(on bipolar cell)을 통해 on 신경절 세포(on ganglion cell)을 연달아 흥분시켜 사람이 해당 중심부위가 밝다고 느끼게 한다. 도 3-(b)를 참조하면, 주변부에 빛이 들어가면 시세포가 과분극되어 글루타메이트(glutamate)의 분비가 억제되고 연결된 on 양극세포(on bipolar cell)을 통해 on 신경절 세포(on ganglion cell)을 연달아 흥분시켜 사람이 해당 주변부위가 밝다고 느끼게 한다. 이 과정에서 주변부의 과분극된 시세포는 그 부분의 수평세포를 흥분 시키지 못하고

인접한 중심부의 빛을 받지 못한 시세포(cone cell)가 평소처럼 탈분극 상태로 있으며 글루타메이트를 분비하는 데 대해 영향을 미치지 못하게 된다. 즉, 연접한 off 양극 세포(off bipolar cell)을 통해 off 신경절 세포(off ganglion cell)을 연달아 흥분시켜 사람이 해당 중심 부위가 어둡다고 느끼게 되는 것이다.

[0012] 현재, 인공망막 시스템에서 외부 카메라로 시각정보를 수집하는 에피형 인공망막 제품의 경우 카메라 영상 분석 프로그램으로 정보를 가공하여 눈안을 자극하는 전류의 세기를 독립적으로 조절할 수 있지만, 서브형 인공망막처럼 포토다이오드를 이용하여 단순히 출력 전류를 시세포에 인가하는 경우 명암대비 발생하는 전류의 차이가 크지 않아 환자들이 느끼는 대비감도가 낮아지게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국공개특허문헌 제10-2016-0045530호 (2016.04.27)

(특허문헌 0002) 한국등록특허문헌 제10-1275215호 (2013.06.17)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점들을 해결하기 위하여 안출된 것이다. 구체적으로, 서브형 인공망막에 사용되는 포토다이오드 어레이 자극기에서 발생되는 자극전류들의 크기를 수집하고 인접한 자극기에서 발생하는 (혹은 자체로 가지고 있는 문턱전압들) 전류와 크기를 비교하여, 그 차이를 증폭하여 명암 대비감도를 높이는 인공 망막 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예는, 망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100) 및 각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)에서 출력되는 전기 신호의 크기를 적어도 하나의 레퍼런스 값과 비교하고, 비교 결과에 따라 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 마이크로컴퓨터(200)를 포함하며, 상기 각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 제어된 전기 신호로 자극하는, 대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템을 제공한다.

[0016] 일 실시예에 있어서, 상기 각 포토다이오드 셀(110)은, 외부로부터 유입된 빛을 전기 신호로 변환하여 출력하는 포토다이오드(111), 상기 포토다이오드(111)로부터 출력되는 전기 신호를 복사하는 복사기(112), 상기 복사기(112)로부터 출력되는 전기 신호를 증폭 또는 감쇠하는 증폭기(113) 및 상기 증폭기(113)로부터 출력되는 전기 신호로 상기 시세포를 자극하는 자극 전극(115)을 포함하며, 상기 마이크로컴퓨터(200)는 상기 증폭기(113)의 게인을 조절하여 상기 포토다이오드 셀(110)로부터 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 것이 바람직하다.

[0017] 일 실시예에 있어서, 상기 각 포토다이오드 셀(110)은, 상기 각 포토다이오드 셀(110)로부터 출력되는 전기 신호가 바이페이직 전기 신호의 형태를 갖도록 하는 컨버터(114)를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0018] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로컴퓨터(200)에는 상기 적어도 하나의 레퍼런스 값 중 어느 하나의 레퍼런스 값 이상 다른 하나의 레퍼런스 값 미만 사이의 범위 값에 대응하는 게인 값이 저장되어 있고, 상기 적어도 하나의 레퍼런스 값의 개수가 N일 때, 상기 게인 값의 개수는 N+1인 것이 바람직하다.

[0019] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로컴퓨터(200)는, 상기 복사기(112)에 의해 복사된 전기 신호를 전압 신호로 변환하는 트랜스임피던스 증폭기(210), 상기 트랜스임피던스 증폭기(210)에 의해 변환된 전압의 크기를 상기 레퍼런스 값과 비교하는 비교기(220)상기 비교기(220)에 의한 비교 결과에 따라 상기 증폭기(113)를 제어하는 컨트롤러(230) 및 상기 컨트롤러(230)에 의해 결정되는 상기 증폭기(113)의 게인 값이 저장되는 메모리(240)를 포함하는 것이 바람직하다.

[0020] 일 실시예에 있어서, 사용자 명령을 입력받는 사용자 입력부(500) 및 상기 사용자 명령에 따라 상기 마이크로컴

퓨터(200)를 실행하는 외부 컴퓨터(600);를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0021] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로컴퓨터(200)는, 상기 외부 컴퓨터(600)와 무선으로 통신하기 위한 통신부(250)를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0022] 또한 본 발명은, 망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100) 및 각 포토다이오드 셀(110)들의 어느 하나의 포토다이오드(111a)에서 흘러나오는 전기 신호와 상기 어느 하나의 포토다이오드(111a)와 인접한 포토다이오드(111b)에서 흘러나오는 전기 신호의 크기를 비교하고, 비교 결과에 따라 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 마이크로컴퓨터(200)를 포함하며, 상기 각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 제어된 전기 신호로 자극하는, 대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템을 제공한다.

[0023] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로컴퓨터(200)는, 상기 비교 결과에 따라, 포토다이오드 셀(110)의 자극 전극(115a, 115b)에 연결되는 스위치(S_1, S_2)를 제어함으로써 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 것이 바람직하다.

[0024] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로컴퓨터(200)는, 보다 큰 전기 신호를 출력하는 포토다이오드(111b)에 연결된 스위치(S_2)를 닫고, 보다 작은 전기 신호를 출력하는 포토다이오드(111a)에 연결된 스위치(S_1)를 여는 것이 바람직하다.

[0025] 또한 본 발명은, 망막 하부에 장착되며 복수의 포토다이오드 셀(110)을 포함하는 인공 망막(100) 및 각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)에서 흘러나오는 전기 신호의 크기를 적어도 하나의 레퍼런스 값과 비교하고, 비교 결과에 따라 전류 생성기(260)를 통해 전류를 출력하도록 제어하는 마이크로컴퓨터(200)를 포함하며, 각 포토다이오드 셀(110)에 대응되는 시세포를 상기 마이크로컴퓨터(200)에 의해 출력 제어된 전류로 자극하는, 대비 감도 향상을 위한 인공 망막 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 따르면, 포토다이오드에서 생성되는 전류의 크기를 비교하여 이에 상응하는 증폭기의 게인을 조절할 수 있어 대비 감도가 향상된 인공 망막을 제공하는 것이 가능하다.

[0027] 대비 감도가 향상되기 때문에, 배경화면과 물체의 경계면을 더욱 선명하게 인식할 수 있고, 빛 번짐(cross talk) 현상을 최소화하여 인공 망막을 장착한 환자들에게 최적화된 해상도를 제공할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1 및 2는 망막의 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 망막 세포가 대비 감도를 향상시키는 수평세포에 의한 측면 억제 현상을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 인공 망막 시스템을 나타낸 블록도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 인공 망막의 위치를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 인공 망막의 구조를 설명하기 위한 개념도이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로컴퓨터의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 인공 망막 시스템의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 도 8의 인공 망막 시스템의 비교기의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 인공 망막 시스템의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 인공 망막 시스템의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] **1. 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템**

[0030] 먼저, 도 4를 참조하여 본 발명의 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템을 설명한다. 도 4는 인공 망막 시스템의 전체적인 구성을 나타낸 도면으로서, 본 발명의 인공 망막 시스템은 인공 망막(100), 마이크로컴퓨터(200), 배

터리(300), 외부전원(400), 사용자 입력부(500) 및 외부 컴퓨터(600)를 포함한다.

[0031] 인공 망막(100)은 망막의 시세포 층에 장착되어 빛을 전기 신호로 변환하여 변환된 전기 신호로 시세포(V)를 자극하는 부분으로, 인공 망막(100)의 구체적인 설명은 후술한다.

[0032] 마이크로컴퓨터(200)는 인공 망막(100)의 각 포토다이오드 셀(110)을 제어하는 부분으로, 구체적으로는 포토다이오드(111)에서 흘러나오는 전기 신호의 크기를 레퍼런스 값(R_1, R_2)과 비교하고, 비교 결과에 기초하여 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 부분이다. 여기서 전기 신호를 증폭 제어나 감쇠 제어는 포토다이오드 셀(100)의 증폭기(113) 의 게인을 조절하는 것에 의해 수행되는데, 마이크로컴퓨터(200)에 의한 게인 조절 과정은 후술하기로 한다.

[0033] 배터리(300)는 인공 망막(100) 및 마이크로컴퓨터(200)에 전원을 공급하는 부분이다. 배터리(300)는 인체 내부에 삽입되어 인공 망막(100) 및 마이크로컴퓨터(200)와 케이블을 통해 연결되며, 인체 외부에 위치하는 외부전원(400)과 공진으로 인해 충전된다. 외부전원(400)에 의한 배터리(300)의 충전 과정은 본 발명의 특징이 아니므로 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0034] 외부 컴퓨터(600)는 외부에서 마이크로컴퓨터(200)와의 통신을 통해 인공 망막(100) 및 마이크로컴퓨터(200)를 제어하는 부분이다. 외부 컴퓨터(600)의 조작을 통해 인공 망막(100)의 각 포토다이오드 셀(110)을 ON/OFF 하는 것이 가능하며, 스위치(S)를 조작하는 것도 가능하다.

[0035] 사용자 입력부(500)는, 사용자 입력부(500)를 통해 외부 컴퓨터(600)에 명령을 입력하는 부분이다. 사용자 입력부(500)와 외부 컴퓨터(600)를 통해 입력된 명령은 마이크로컴퓨터(200)를 제어하게 된다.

[0037] 다음, 도 5를 참조하여 인공 망막(100)에 대해 구체적으로 설명한다. 도 5는 망막 내 인공 망막(100)이 장착되는 위치를 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 외부에서 안구로 유입되는 빛은 신경절 세포(Ganglion cell)와 양극세포(Bipolar cell)를 거쳐 시세포(Visual cell)에 도달하고, 시세포(V)는 빛을 전기 신호로 변환하여 양극 세포(B)를 자극하게 된다. 이러한 전기 신호는 다시 양극세포(B), 신경절 세포(G)를 거쳐 신경절 세포(G)에 연결되어 있는 시신경섬유를 통해 뇌로 전달되어 시각을 느낄 수 있게 된다. 하지만, RP, AMD 질환을 가진 환자는 이러한 시세포층이 손상되어 제기능을 다하지 못하므로 시각을 인지하지 못한다. 인공 망막은 손상된 시세포를 대체하여 양극세포에 의해 유입된 빛을 전기 신호로 변환하여, 시세포를 자극함으로써 시력을 회복할 수 있도록 하는 장치이다.

[0039] 도 5를 참조하면 인공 망막(100)은 시세포 층에 장착되어, 인공 망막(100)에 대응되는 시세포(V)를 전기 신호로 전기 자극한다. 인공 망막(100)은 칩(Chip) 형태로 구비되며, 칩 상에는 복수의 포토다이오드 셀(110)이 구비된다. 인공 망막(100) 장착에 따른 해상도는 포토다이오드 셀의 수(pixel)에 비례한다. 즉, 포토다이오드 셀의 개수가 많을수록 고해상도 성능을 가진다.

[0041] 도 6을 참조하여 포토다이오드 셀(110)을 구체적으로 설명한다. 도 6을 참조하면, 포토다이오드 셀(110)은 포토다이오드(111), 복사기(112), 증폭기(113), 컨버터(114) 및 자극 전극(115)를 포함한다.

[0042] 포토다이오드(111)는 외부로부터 유입된 빛을 감지하여 그에 대응하는 전기 신호로 변환하여 출력하는 부분이다.

[0043] 포토다이오드(111)에 의해 변환된 전기 신호는 복사기(112)에 의해 복사된다. 복사기(112)에 의해 복사된 전기 신호 중 하나는 증폭기(113)로 흘러 들어가고, 다른 하나는 후술하는 마이크로컴퓨터(200)의 트랜스 임피던스 증폭기(210)로 흘러 들어가게 된다.

[0044] 증폭기(113)로 흘러들어온 전기 신호는 증폭기(113)에 의해 증폭 또는 감쇠된다. 후술하는 마이크로컴퓨터(200)에 의해 증폭기(113)의 게인이 조절되는데, 이러한 증폭기(113)의 게인 조절에 의해 대비 감도가 향상되도록 시세포(V)를 전기 자극 하는 것이 가능하다.

[0045] 컨버터(114)는 증폭기(113)에 의해 증폭되거나 감쇠된 전기 신호를 그에 대응하는 바이페이직(Biphasic) 전류 펄스로 변환하는 부분이다. 포토다이오드 셀(110)로부터 출력되는 전기 신호가 바이페이직 전기 신호의 형태를 갖도록 하는 부분으로서, 증폭기(113)를 통과한 전기 신호만으로는 시세포(V)를 자극할 수 없고 컨버터(114)에

의한 바이페이직 전류 펄스로의 변환이 필요하다. 컨버터(114)는 증폭기(113)를 통과한 전기 신호의 크기와 지속 시간에 대응하는 바이페이직 전류 펄스를 생성하게 된다.

[0046] 자극 전극(115)는 컨버터(114)에 의해 생성된 바이페이직 전류 펄스로 시세포(V)를 자극하는 부분이다. 포토다이오드 셀(110)로부터 출력되는 전기 신호로 시세포(V)를 자극하는 부분으로서, 자극 전극(115)의 시세포(V) 자극에 의해 인공 망막(100)을 장착한 환자는 시력을 회복할 수 있게 된다.

[0048] 다음, 도 7 내지 도 9를 참조하여 마이크로컴퓨터(200)를 구체적으로 설명한다.

[0049] 도 7을 참조하면, 마이크로컴퓨터(200)는 트랜스 임피던스 증폭기(210), 비교기(220), 컨트롤러(230), 메모리(240) 및 통신부(250)를 포함한다. 구체적으로, 포토다이오드(111)에서 흘러나오는 전기 신호의 크기를 레퍼런스 값(R_1, R_2)과 비교하고, 비교 결과에 기초하여 각 포토다이오드 셀(110)에서 출력되는 전기 신호를 증폭기(113)의 게인 조절을 통해 증폭 제어하거나 감쇠 제어하는 부분이다.

[0050] 도 8 및 도 9를 참조하여, 전기 신호의 크기를 레퍼런스 값(R_1, R_2)과 비교하여 증폭기(113)의 게인을 조절하는 과정에 대해 설명한다.

[0051] 외부에서 안구로 빛이 들어오면 각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)는 유입된 빛의 크기에 대응하는 전기 신호를 출력한다.

[0052] 포토다이오드(111)로부터 출력되는 전기 신호는 복사기(112)에 의해 복사되는데, 복사된 전기 신호 중 하나는 증폭기(113)로 흘러 들어가고, 다른 하나는 트랜스 임피던스 증폭기(210)로 흘러 들어간다.

[0053] 트랜스 임피던스 증폭기(210)로 흘러 들어간 전기 신호는 트랜스 임피던스 증폭기(210)에 의해 전압 신호(V_N)로 변환된다. 트랜스 임피던스 증폭기(210)에 의해 변환된 전압 신호(V_N)는 비교기(220)로 흘러 들어간다.

[0054] 비교기(220)는 전압 신호(V_N)를 기 설정된 레퍼런스 값(R_1, R_2)과 비교한다. 여기서 레퍼런스 값(R_1, R_2)은 메모리(240)에 미리 저장되어 있는 값이다. 본 명세서에서, 설명은 레퍼런스 값이 2개인 경우를 예로 들지만, 레퍼런스 값의 개수는 제한받지 않는다. 레퍼런스 값의 개수가 많을수록 보다 정교한 게인 조절이 가능하므로 대비 감도가 더욱 향상될 수 있다. 도 9를 참조하면, 레퍼런스 값이 2개인 경우 증폭기(113)의 게인 값은 3개가 된다. 다시 말해, 레퍼런스 값이 N개인 경우, 증폭기(113)의 게인 값은 N+1개의 값을 갖게 된다.

[0055] 전압 신호(V_N)가 0보다 크고 R_1보다 작을 경우 게인 값은 G_1이 되고, R_1보다 크고 R_2보다 작을 경우 게인 값은 G_2가 되며, R_2보다 클 경우 게인 값은 G_3이 된다.

[0056] 비교기(220)를 통해 전압 신호(V_N)와 레퍼런스 값의 비교 결과에 기초하여, 컨트롤러(230)에 통해 증폭기(113)의 게인을 조절하게 된다. 즉, 컨트롤러(230)는 비교기(220)에서 할당된 게인 값을 통해 각 포토다이오드 셀(110)의 증폭기(113)의 게인을 조절하게 되는 것이다. 각 포토다이오드 셀(110)은 유입된 빛의 크기에 따라 각기 다른 크기의 전기 신호로 시세포(V)를 자극하게 되기 때문에, 인공 망막(100)을 장착한 환자의 대비 감도 향상을 이룰 수 있다.

[0058] **2. 제2 실시예에 따른 인공 망막 시스템**

[0059] 도 10을 참조하여 본 발명의 제2 실시예에 따른 인공 망막 시스템을 설명한다. 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템에서는 각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111)에서 출력되는 전기 신호를 레퍼런스 값과 비교하여 그에 상응하는 게인 값을 갖도록 증폭기(113)를 조절하여 대비 감도를 향상시켰으나, 제2 실시예 에 따른 인공 망막 시스템에서는 인접한 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111a, 111b)에서 출력되는 전기 신호를 비교하여 스위치(S_1, S_2)를 조절하는 방식으로 대비 감도를 향상시킨다.

[0060] 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템과 구성은 동일하되, 대비 감도 향상을 위한 방식이 상이하다. 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템과 동일한 구성의 설명은 생략하고, 상이한 부분에 대해서만 설명하기로 한다.

[0061] 먼저, 외부에서 안구로 빛이 들어오면 각 포토다이오드 셀(110)의 포토다이오드(111a, 111b)는 유입된 빛의 크

기에 대응하는 전기 신호를 출력한다.

[0062] 복사기(112a, 112b)는 각 포토다이오드(111a, 111b)에서 출력되는 전기 신호를 복사하고, 복사된 전기 신호는 비교기(220a)로 흘러 들어간다.

[0063] 비교기(220a)는 두 전기 신호의 크기를 비교하고, 컨트롤러(230)는 보다 큰 전기 신호를 출력하는 쪽의 스위치(S_2)를 닫고, 보다 작은 크기의 전기 신호를 출력하는 쪽의 스위치(S_1)를 개방시킨다. 인접한 포토다이오드 셀(110) 중 하나는 ON시키고 하나는 OFF 시키기 때문에 대비 감도 향상을 이룰 수 있다.

[0065] **3. 제3 실시예에 따른 인공 망막 시스템**

[0066] 도 11을 참조하여 본 발명의 제3 실시예에 따른 인공 망막 시스템을 설명한다.

[0067] 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템과 구성은 동일하되, 전류 생성기(260)를 더 포함하는 점이 상이하다. 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템과 동일한 구성의 설명은 생략하고, 상이한 부분에 대해서만 설명하기로 한다.

[0068] 먼저, 외부에서 안구로 빛이 들어오면 포토다이오드(111)는 유입된 빛의 크기에 대응하는 전기 신호를 출력한다.

[0069] 포토다이오드(111)로부터 출력된 전기 신호는 트랜스 임피던스 증폭기(210)에 의해 전압 신호로 변환되며, 이는 비교기(220b)에서 미리 결정된 다수의 레퍼런스 값과 비교된다. 비교 결과에 의해 전류 크기가 결정되고, 결정된 값은 전류 생성기(260)로 들어가 이미 저장된 다양한 크기의 바이페이직 전류를 선택하여 자극전극(150)을 통해 내보내게 된다. 제3 실시예에 따른 인공 망막 시스템은 제1 실시예에 따른 인공 망막 시스템과 유사하게 다수의 레퍼런스 값과 출력 신호를 비교하고, 비교 결과에 기초하여 자극전극(150)에서 출력되는 신호를 조절한다는 점에서 대비 감도 향상을 이룰 수 있다.

[0071] 이상, 본 명세서에는 본 발명을 당업자가 용이하게 이해하고 재현할 수 있도록 도면에 도시한 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당업자라면 본 발명의 실시예로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0073] 100: 인공 망막

111: 포토다이오드

112: 복사기

113: 증폭기

114: 컨버터

115: 자극 전극

200: 마이크로 컴퓨터

210: 트랜스 임피던스 증폭기

220: 비교기

230: 컨트롤러

240: 메모리

250: 통신부

260: 전류 생성기

300: 배터리

400: 외부 전원

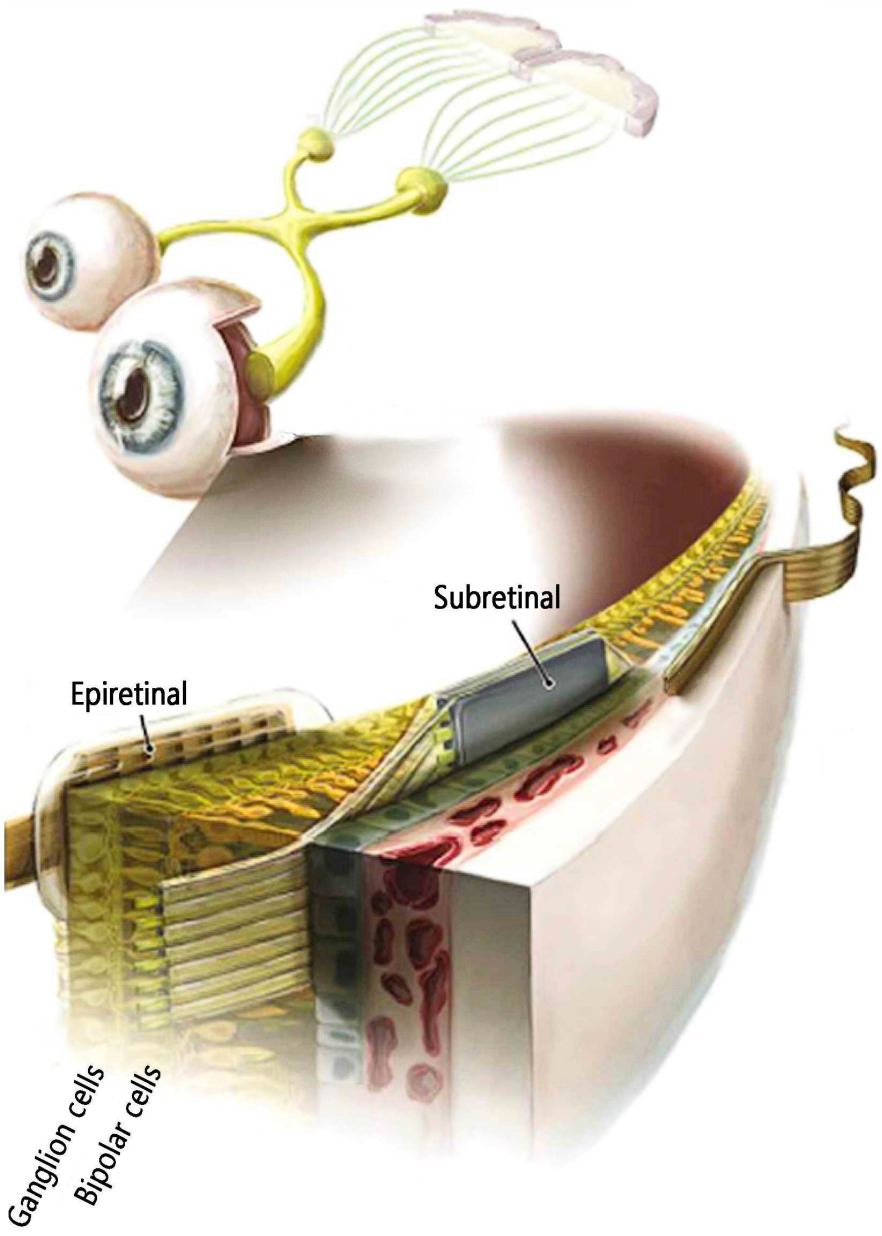
500: 사용자 입력부

600: 외부 컴퓨터

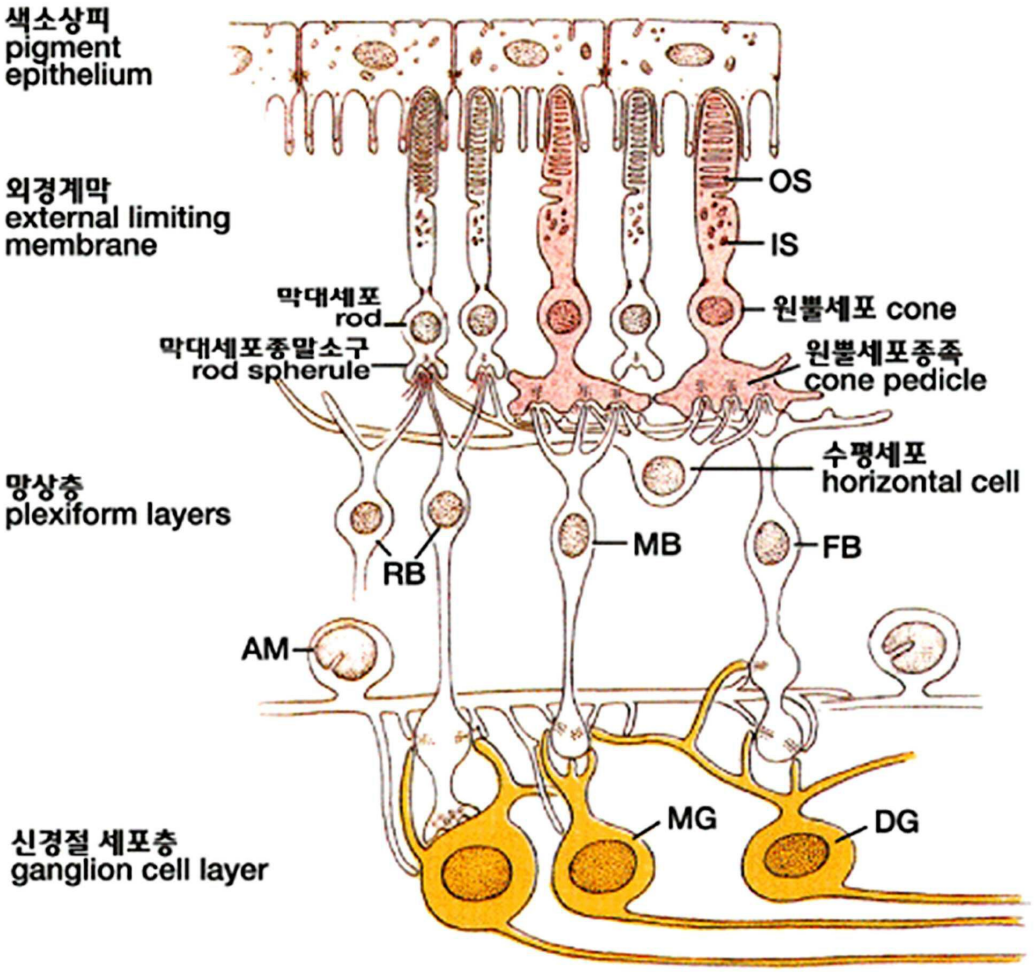
1000: 인공 망막 시스템

도면

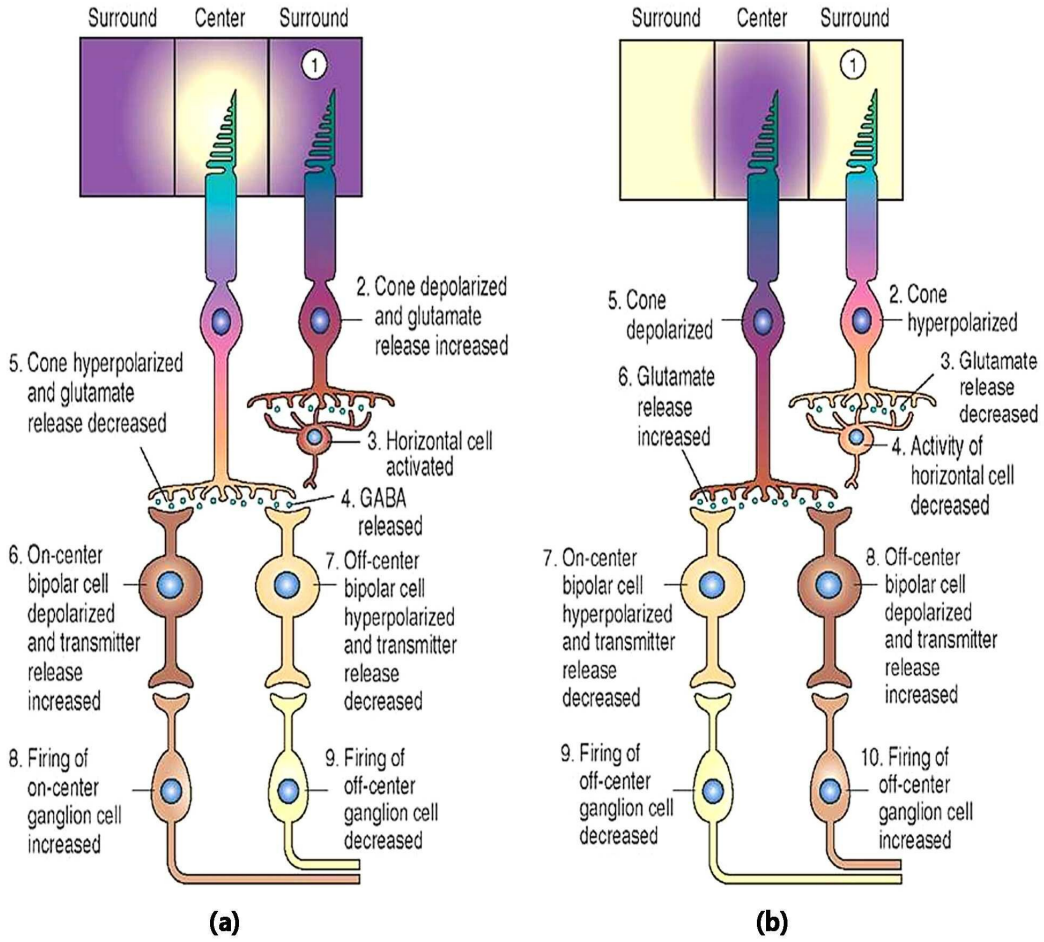
도면1



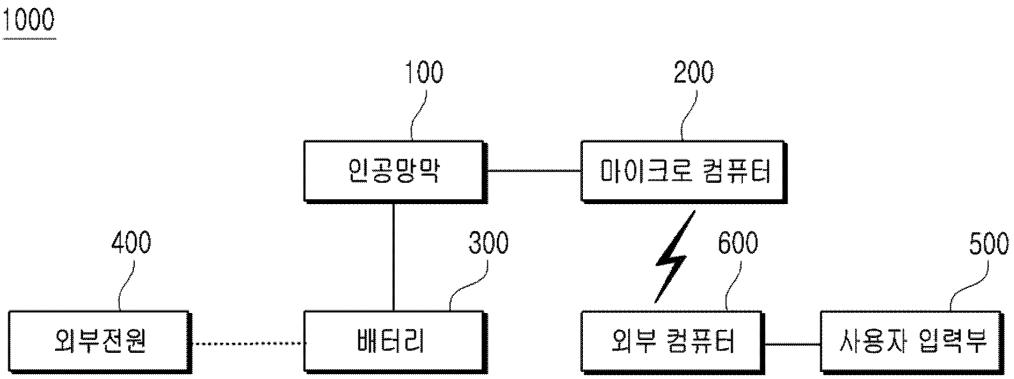
도면2


색소상피
pigment
epithelium
외경계막
external limiting
membrane
막대세포
rod
막대세포종말소구
rod spherule
OS
IS
원뿔세포 cone
원뿔세포종족
cone pedicle
수평세포
horizontal cell
망상층
plexiform layers
RB
MB
FB
AM
MG
DG
신경절 세포층
ganglion cell layer

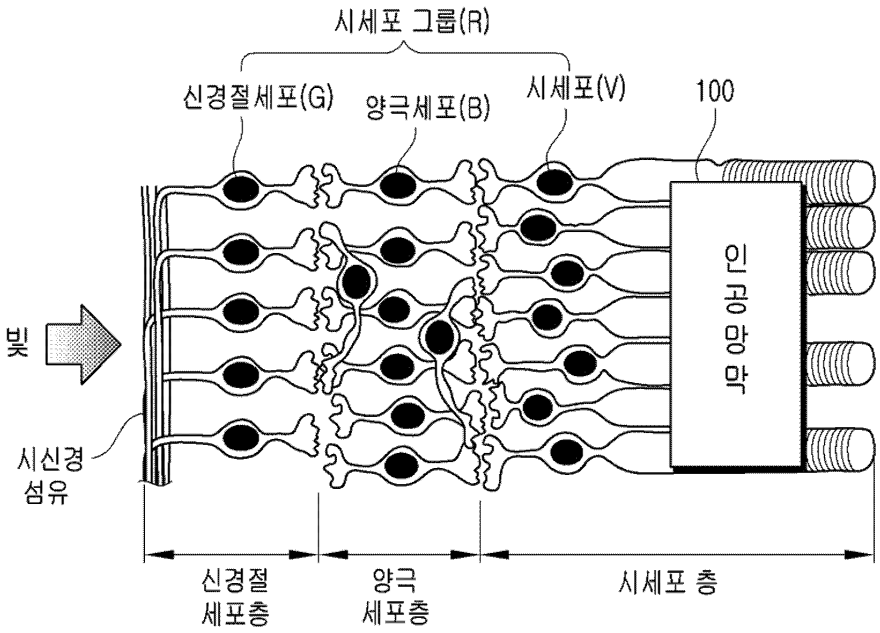
도면3


Surround
Center
Surround
1
2. Cone depolarized and glutamate release increased
3. Horizontal cell activated
4. GABA released
5. Cone hyperpolarized and glutamate release decreased
6. On-center bipolar cell depolarized and transmitter release increased
7. Off-center bipolar cell hyperpolarized and transmitter release decreased
8. Firing of on-center ganglion cell increased
9. Firing of off-center ganglion cell decreased
(a)
Surround
Center
Surround
1
5. Cone depolarized
2. Cone hyperpolarized
6. Glutamate release increased
3. Glutamate release decreased
4. Activity of horizontal cell decreased
7. On-center bipolar cell hyperpolarized and transmitter release decreased
8. Off-center bipolar cell depolarized and transmitter release increased
9. Firing of off-center ganglion cell decreased
10. Firing of off-center ganglion cell increased
(b)

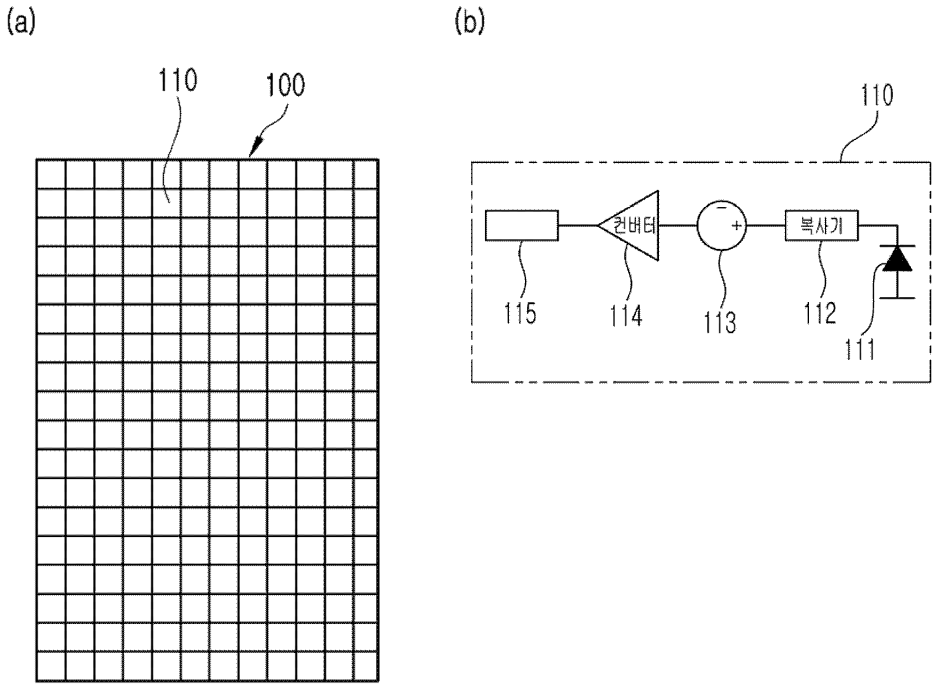
도면4


1000
100
200
인공망막
마이크로 컴퓨터
400
300
600
500
외부전원
배터리
외부 컴퓨터
사용자 입력부

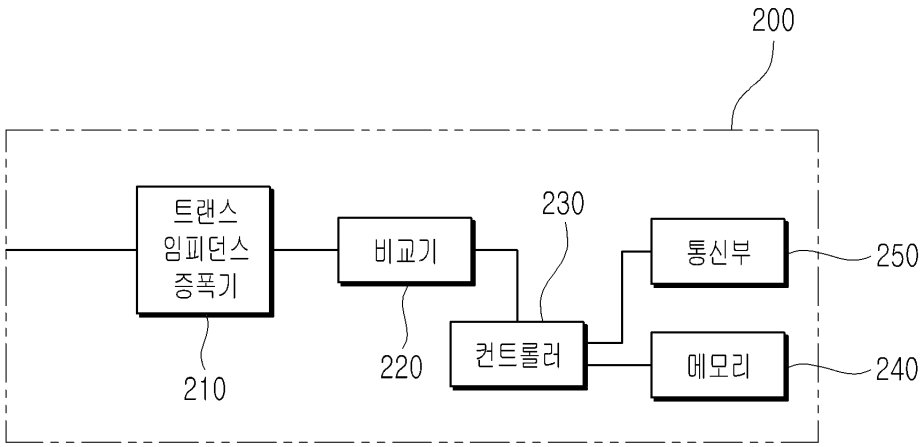
도면5


시세포 그룹(R)
신경절세포(G)
양극세포(B)
시세포(V)
100
빛
시신경
섬유
인공망막
신경절
세포층
양극
세포층
시세포 층

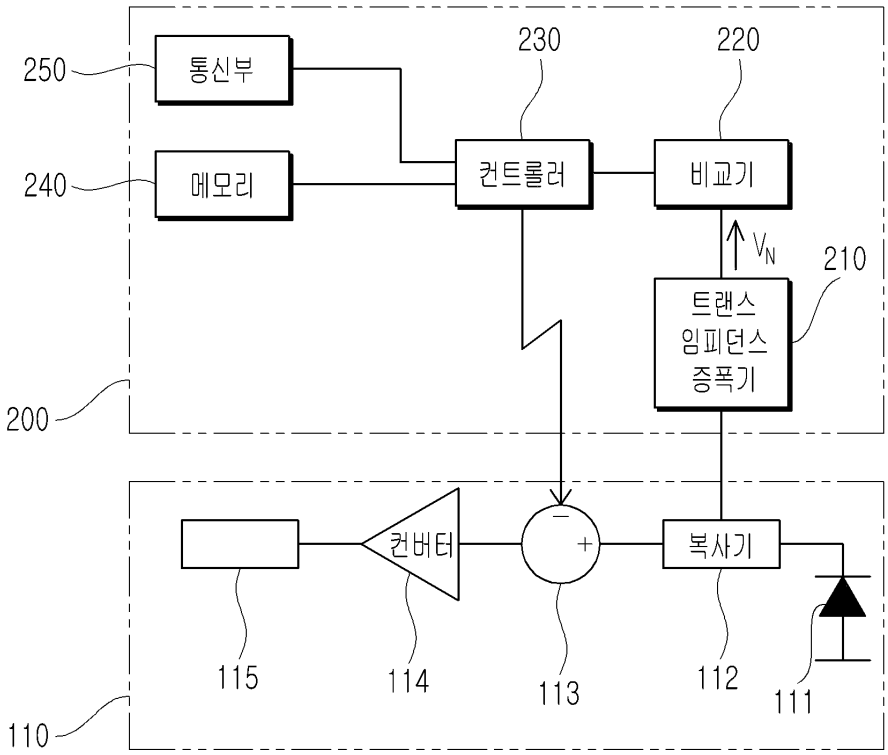
도면6


(a)
110
100
(b)
110
컨버터
복사기
115
114
113
112
111

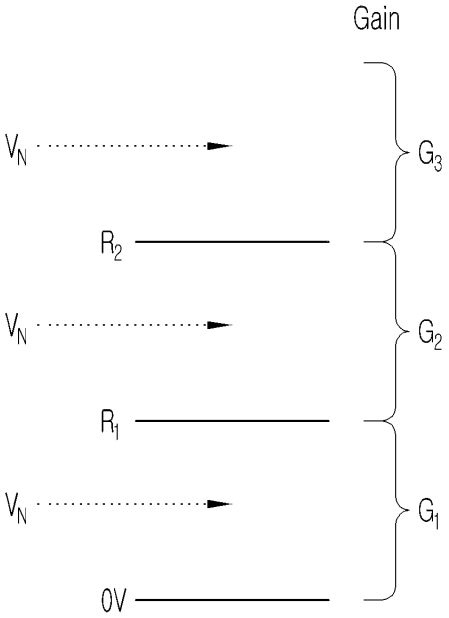
도면7


200
트랜스
임피던스
증폭기
210
비교기
220
230
컨트롤러
통신부
250
메모리
240

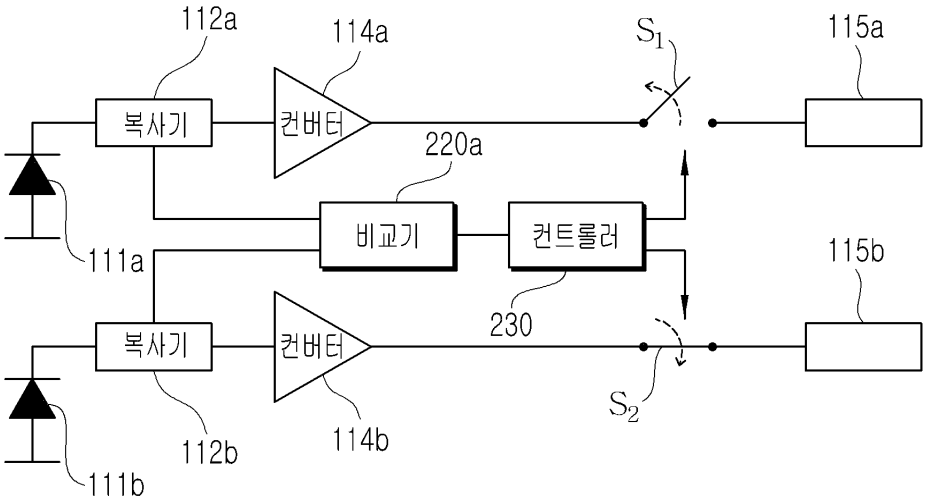
도면8


250
통신부
240
메모리
230
컨트롤러
220
비교기
V_N
210
트랜스
임피던스
증폭기
200
컨버터
복사기
115
114
113
112
111
110

도면9


Gain
V_N
R_2
V_N
R_1
V_N
0V
G_3
G_2
G_1

도면10


112a
114a
S_1
115a
복사기
컨버터
220a
비교기
컨트롤러
111a
115b
230
복사기
컨버터
S_2
112b
114b
111b

도면11

