

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
A61N 1/05

(45) 공고일자 2005년04월27일
(11) 등록번호 10-0485053
(24) 등록일자 2005년04월14일

(21) 출원번호	10-2004-7004235(분할)	(65) 공개번호	10-2004-0033320
(22) 출원일자	2004년03월24일	(43) 공개일자	2004년04월21일
(62) 원출원	특허10-1997-0708632	심사청구일자	2001년05월29일
번역문 제출일자	원출원일자 : 1997년12월01일 2004년03월24일	(87) 국제공개번호	WO 1996/39221
(86) 국제출원번호	PCT/US1996/008734	국제공개일자	1996년12월12일
국제출원일자	1996년06월04일		

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 오스트레일리아, 바르바도스, 불가리아, 브라질, 캐나다, 중국, 체코, 에스토니아, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 북한, 대한민국, 스리랑카, 리베이라, 리투아니아, 라트비아, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 영국, 룩셈부르크,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장	08/465,766	1995년06월06일	미국(US)
	08/642,702	1996년06월03일	미국(US)

(73) 특허권자
옵토바이오닉스 코포레이션
미국 일리노이 (우편번호 60563) 나페르빌 이스트 디얼 로드 850 스위트 120

(72) 발명자
초우 빈센트
미국, 일리노이즈 60103, 하노버 파크, 킹스베리 드라이브 7980

초우 알란 와이.
미국, 일리노이즈 60187, 휘튼, 팔로미노 플레이스 191

(74) 대리인
강명구
강석용

심사관 : 이동욱

(54) 망막 자극 시스템

요약

인조 망막장치와 그 기능을 변조 및 자극하는 방법이 발표된다. 이 장치는 복수의 다중 위상 마이크로포토다이오드 서브유닛으로 구성되며 이들의 수술에 의해 망막하 공간에 이식될 때 유용한 인조 형상이 나타나게 할 수 있다. MMRI-4(8)라 불

리는 장치는 평탄한 입방체 형상으로 구성되며 빛을 전류로 바꾸어서 망막을 자극한다. MMRI-4는 PiN 구성(10a)의 두 개의 서브유니트와 NiP 구성(10b)의 두 개의 서브유니트를 포함하며 둘다 평탄한 면상에 존재하여 어느 면이 입사광을 향하는지 관계없이 유도된 감지를 허용한다. PiN 및 NiP 구성상에 배치된 필터층(20, 22)은 가시광선 및 적외선이 전류를 유도할 수 있게 한다. 헤드폰으로서 작용될 수 있는 투영 및 추적 광 시스템(PTOS)을 갖는 적응 영상 망막 자극시스템(AIRES)도 발표된다.

대표도

도 5

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 마이크로포토다이오드 망막 임플랜트(MMRI)의 평면도이다.

도 2 는 도 1 의 II-II 선 평면을 따라 취해진 단면도이다.

도 3 은 본 발명 MMRI-E의 평면도이다.

도 4 는 도 3 의 IV-IV 선 평면을 따라 취해진 단면도이다.

도 5 는 도 1 의 마이크로포토다이오드 망막 임플랜트(MMRI)의 제조공정을 보여준다.

도 6 은 두쌍의 MMRI 서브유니트로 구성된 본 발명의 MMRI-4의 평면도이다.

도 7 은 도 6 의 선 VI-VI 의 평면을 따라 취해진 사시 단면도이다.

도 8 은 두쌍의 MMRI-E 서브유니트로 구성된 본 발명의 MMRI-4E의 평면도이다.

도 9 는 도 8 의 VIII-VIII 의 평면을 따라 취해진 사시 단면도이다.

도 10 은 도 6 의 마이크로포토다이오드 망막 임플랜트(MMRI-4)의 제조동안 4인치 두께의 실리콘 웨이퍼상에 고정된 3인치 실리콘 웨이퍼의 3차원 평면도이다.

도 11 은 망막하 공간의 선호된 위치에 이식된 도 6 의 마이크로포토다이오드 망막 임플랜트(MMRI-4)를 보여준다.

도 12 는 망막의 신경섬유층 상에 이식된 도 6 의 마이크로포토다이오드 망막 임플랜트(MMRI-4)를 보여준다.

도 13 은 본 발명의 마이크로포토다이오드 임플랜트(MMRI-IPV)의 평면도이다.

도 14 는 도 13 의 선 X-X 의 평면을 따라 취해진 단면도이다.

도 15 는 본 발명의 마이크로포토다이오드 임플랜트(MMRI-IPIR)의 평면도이다.

도 16 은 도 15 의 XII-XII 의 평면을 따라 취해진 단면도이다.

도 17 은 본 발명의 마이크로포토다이오드 임플랜트(MMRI-IPVIR-A)의 평면도이다.

도 18 은 도 17 의 XIV-XIV 평면을 따라 취해진 단면도이다.

도 19 는 본 발명의 마이크로포토다이오드 임플랜트(MMRI-IPVIR-B)의 평면도이다.

도 20 은 도 19 의 XVI-XVI 평면을 따라 취해진 단면도이다.

도 21 은 망막하 공간의 위치에 있는 도 17 의 마이크로포토다이오드 임플랜트(MMRI-IPVIR-A)를 보여주는 망막의 단면도로 이의 전극이 내부 그물망의 서브라미나 B 및 서브라미나 A 위치에 침투한다.

도 22 는 신경 섬유표면상의 선호된 위치에 역전된 극성을 갖는 도 17 의 마이크로포토다이오드 임플랜트(MMRI-IPVIR-AR)를 보여주는 망막의 단면도로 이의 전극이 내부그물망의 서브라미나 B 및 서브라미나 A 위치에 침투한다.

도 23 은 투영 및 추적 광시스템(PTOS), 신경-망 컴퓨터(NNC) 및 입력 스타일러스 패드(ISP)와 같은 서브시스템을 보여주는 적응 영상 망막 자극 시스템(AIRES)의 개략도로 Q-SEMC가 눈에 이식됨을 보여준다.

도 24 A-D 는 유리 헤드폰으로 구성된 PTOS 장치를 보여준다.

도 25 는 PTOS, NNC 및 ISP 로 구성된 AIRES 시스템의 성분을 보여준다.

도 26 은 본 발명의 임플랜트 ("MMRI-OPSISTER-D")를 포함한 큰 웨이퍼의 평면도로 분해 상세도를 포함한다.

도 27 A-E 는 도 26 의 MMRI-OPSISTER-D 제조단계를 보여주는 도 26 의 XXVI-XXVI 평면을 따라 취해진 사시 단면도이다.

도 28 은 경사진 모서리를 가지는 소형 칩으로 사용되며 망막하 공간에 이식된 MMRI-OPSISTER-D 장치를 보여준다.

* 부호 설명

8...MMRI-4 a...MMRI-4a

10a,10b...마이크로포토다이오드 서브유니트

12...입사광 3...양극

14,18...터브(tub) 4a...총

16...음극 0,22...필터총

24...채널스톱 5,25b...N형 실리콘 기질

30,34...웨이퍼 6...정렬구멍

44...생체적합성 쉬이트 0...막

52...신경섬유총 4...신경절 세포총

56...내부 그물망총 6a,56b...서브라미나

58a...내부핵총 0...외부 그물망총

62...외부핵총 4...광수용체총

66,66a...내부 망막총 8...망막 색소 상피조직

70...Bruch 막 2...외부 망막총

74...융모막 모세관 6...맥락막

78...맥락막 맥관구조 0...공막

82,90...망막하 공간 2...IRVCRT

94...PTOS 6...NNC

98...PRTCDD 00...IMCCD

104...영상 06...MMRI

108...헤드 패드 0...P전극

112...P+ 총 14...접촉패드

116...신호선 케이블 18...N+ 총

120...접촉패드 00...MMRI-IPV

202,204,302,304...전극 05a,305b...P면

205b,305a...N면 06...가시광선

208,308... SiO_2 층 10,310...다중 유전체 필터

212,320...N+ 층 14,314...접촉패드

216,316...N형 실리콘 기질층 18,318...고유층

220,312...P+ 층 22,322...다중 유전체층

224,324...접촉패드 26,326... SiO_2 절연층

300...MMRI-IPIR 50...채널 블록층

400...MMRI-IPVIR-A 01...MMRI-OPSISTER

401a...MMRI-OPSISTER-D

402,404...마이크로포토다이오드 서브유니트

406,406a...P+ 층 08,408a...고유층

409,409a...N밸크층 10,410a...N+ 층

412...P+ 채널블록 14a,414b... SiO_2 절연스트립

415,415a...알루미늄 도체 17,417a...알루미늄 장벽층

418a-d...접촉패드 20,420a...연결전극

422,422a,424,424a...유전체 필터층 430...입사광

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 1995년 6월 6일 출원된 미국 특허출원 제 08/465,766 호의 부분 연속출원이다.

본 발명은 망막 질병에 의해 야기된 시력 저하 또는 눈이 먼 증세를 고치는데 사용될 수 있는 의료용 제품이다. 다양한 망막질병은 맥락막, 용모막 모세관을 포함하는 눈의 혈관층, 그리고 Bruch 막과 망막 색소 괴막조직을 포함하는 외부 망막층의 꽈과에 의해 시력을 저하시키거나 눈이 멀게 한다. 이들 층의 순실 후에 광수용체층으로 시작하는 내부 망막 외부의 퇴화가 뒤따른다. 외부 핵, 외부 그물망, 내부 핵, 내부 그물망, 신경절 세포 및 신경 섬유층으로 구성된 나머지 내부 망막의 다양한 할애가 일어날 수 있다. 내부 망막의 할애는 이러한 구조의 전기적 자극이 광감지를 일으킬 수 있게 한다.

망막의 다양한 부위를 전기적으로 자극함으로써 비전을 생성하는 공지 노력이 보고된다. 이러한 시도중 하나는 광활성 표면과 대향면상의 전극표면을 갖는 외부전력을 받는 광감지 장치와 관계된다. 이 장치는 이론적으로는 신경 섬유층상에 직접 배치를 통해 유리질 물체면으로부터 신경섬유를 자극한다. 신경섬유층의 복소수 주파수 변조된 신경 신호를 복사해야 하므로 이 장치는 성공할 수 없다. 게다가, 신경 섬유층은 망막의 다양한 부위로부터 나오는 섬유를 포개는 여러 층을 가지고 방사상 경로로 진행한다. 형상을 생성하기 위해서 자극할 적당한 신경섬유를 선택하는 것은 불가능하지는 않을지라도 대단히 어렵다.

또 다른 장치는 셀레늄과 같은 광감지 물질이 코팅된 지지 베이스로 구성된 유니트에 관계한다. 이 장치는 안구의 후극에 생긴 외부 공막 절개를 통해 삽입되며 공막과 맥락막 또는 맥락막과 망막사이에 놓인다. 빛은 광감지 표면상에 전위를 일으켜서 망막으로 이동하는 이온을 생성하여 자극을 야기시킨다. 그러나, 이 장치는 전하의 방향성 흐름을 제한할 이산 표면구조를 갖고 있지 않기 때문에 전하의 측부 이동 및 확산이 일어나서 허용가능한 해상능력을 방해한다. 이러한 장치를 공막과 맥락막 사이에 배치하는 것은 광수용체와 내부 망막층으로의 이산 이온 이동의 차단을 일으킨다. 이것은 맥락막, 용모막 모세관, Bruch 막과 망막 색소 상피조직층의 존재 때문이며 이들 모두는 이온의 통과를 차단시킨다. 맥락막과 망막

사이에 장치를 배치하는 것은 이산 이온이동 경로에 Bruch 막과 망막 색소 상피층이 삽입시킨다. 이러한 장치가 후극의 고혈관 맥락막내로 삽입되기 때문에 맥락막하의, 망막간의 및 인트라오비탈 출혈이 일어나 후극으로의 혈액흐름이 안 된다. 이러한 장치가 환자의 눈에 이식되면 빛을 인식하지만 형상은 아니다.

광전지 인조 망막 장치가 U.S. 특허 5,024,223에 발표된다. 이 장치는 망막자체의 전위공간내에 삽입된다. 망막하의 공간이라 불리는 이 공간은 망막의 내부층과 외부층 사이에 위치된다. 이 장치는 단일 실리콘 결정 기질상에 침적된 복수의 소위 표면전극 마이크로포토다이오드("SEMCP")로 구성된다. SEMCP는 빛을 위에 놓인 주변 내부 망막세포를 자극하는 적은 전류로 변화시킨다. SEMCP의 고체 기질 성질 때문에 맥락막으로부터 내부 망막으로의 영양물의 차단이 일어난다. 다양한 모양의 구멍을 써서도 산소 및 생물학적 물질의 투과가 최적이 아니다.

광전지 인조망막 장치의 또 다른 방법이 U.S. 특허 5,397,350에 발표된다. 이 장치의 눈의 망막하 공간에 배치하기 위해 액체 담체내에 배치된 복수의 독립적 표면 전극 마이크로포토다이오드(ISEMCP)로 구성된다. 인접한 ISEMCP간에 개방된 공간 때문에 영양물과 산소가 외부 망막으로부터 내부 망막층으로 흘러서 이를 층에 영양을 제공한다. 이 장치의 또 다른 구체예에서, 각 ISEMCP는 ISEMCP-C로 불리는 전기 축전기층을 포함한다. ISEMCP는 어둠속에서 제한된 반대 방향 전류를 생성하여 시각적 감지를 더욱 효과적이게 하며 연장된 단상 전류자극으로 인한 망막의 전기분해 손상을 방지한다.

이들 장치(SEMCP, ISEMCP, ISEMCP-C)는 시각적 환경에서 이들에 전력을 제공할 빛에 의존한다. 그러므로, 연속하는 빛의 세기가 약한 환경에서 이들 장치가 기능을 발휘하는 능력은 제한된다. 이들 장치가 입사광을 향하도록 망막하 공간에 ISEMCP와 ISEMCP-C를 배치시키는 것도 어렵다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 연속하는 낮은 광농도에서 기능을 할 수 있으며 밝고 어두운 세부사항을 더 잘 인식할 수 있도록 질병에 걸린 눈에 미시적 임플랜트를 이식할 수 있는 시스템에 관계한다. 본 발명은 두 가지 기본 성분을 가진다: (1) 눈에 이식되는 미시적 크기의 다중 위상 마이크로포토다이오드 망막 임플랜트("MMRI"), (2) 빛의 세기가 약한 경우에 망막에 "다크(dark) 전류"를 생성하고 밝고 어두운 세부사항을 더 잘 인식시키기 위해서 MMRI를 자극하도록 적외선을 사용하는 외부에 착용하는 적응 영상 망막 자극 시스템("AIRES").

본 발명의 MMRI는 방향에 따라서 임플랜트의 P면은 가시광선을 통과시키는 광필터층을 가지며 임플랜트의 N면은 적외선("IR"), 특히 선택된 파장의 적외선만을 통과시키는 광필터를 가지는 PiN 구조를 가진다. 사실상 이러한 MMRI는 눈의 외부망막과 내부망막간의 소위 "망막하 공간"에 이식되어서 이들의 절반을 P면이 눈에 입사하는 빛을 향하도록 무작위로 배향되고 나머지 절반은 N면이 눈에 입사하는 빛을 향하도록 배향된다.

이러한 위치 및 방향으로 MMRI의 절반은 입사 가시광선 에너지를 적은 전류로 전환시켜 눈의 광감각을 자극하여 형상을 일으킨다. 다시 말하자면 MMRI의 절반은 가시광선을 전류로 전환시켜 "명전류(light current)" 망막을 자극하여 가시광선의 인식을 유도한다. MMRI의 나머지 절반은 AIRES에 의해 제공된 적외선을 전류로 전환시켜 빛의 세기가 약한 경우 "암전류(dark current)"로 망막을 자극하여 어두움의 인식을 유도한다.

적응영상 망막 자극 시스템 또는 AIRES는 투영 및 추적 광시스템("PTOS"), 신경-망 컴퓨터("NNC"), 영상 CCD 카메라("IMCCD") 및 입력 스타일러스 패드("ISP")로 구성된다.

본 발명의 실시예에서, 각 초소형 임플랜트는 단일 평탄한 입방체 유니트에 배치된 복수의 MMRI 서브유니트쌍으로 구성된다. 각 쌍의 각 MMRI가 평탄한 표면중 한면상에 양극을 가지고 다른 평탄한 표면상에 음극을 가지고도록 초소형 임플랜트가 제조된다. 각 쌍의 각 MMRI는 다른 MMRI와 반대방향으로 배향되도록 배치되고 제 1 MMRI쌍의 음(N)극은 제 2 MMRI쌍의 양(P)극과 동일 평면상에 있고 제 1 MMRI쌍의 양극은 제 2 MMRI 쌍의 음극과 동일 평면에 있다. 그러므로 단일한 초소형 임플랜트의 평탄한 각 면은 한 MMRI의 양의 마이크로포토다이오드 전극과 다른 MMRI의 음의 마이크로포토다이오드 전극을 가진다. 이러한 대칭성은 입사광선을 향하는 평탄한 표면이 어느 것인가에 관계없이 각 소형 임플랜트가 정확히 동일한 방식으로 기능을 할 수 있게 한다. 다중층 유전 필터가 MMRI 서브유니트의 P표면과 N표면상에 배치되어서 P표면을 통해 가시광선(400 nm 내지 740nm)이 통과하고 N표면을 통해 적외선(740 nm 내지 900nm)이 통과할 수 있게 한다. 이러한 방식으로 각 MMRI 서브유니트의 PiN 구성을 가시광선에 반응하고 NiP 구성을 적외선에 반응한다.

이러한 실시예의 변형에서 임플랜트의 각면상의 공통 전극은 한 MMRI의 양극을 제 2 MMRI의 음극에 동일 면상에서 연결한다.

선호되는 구체예에서, 평탄한 초소형 임플랜트 구조는 1:3의 폭과 깊이에 대한 두께의 비를 가지며 망막하 공간내에서 배향에 우선순위가 있으며 평탄한 광활성 표면의 하나는 입사광선을 받아들이도록 위치된다. 각 MMRI 서브유니트의 P전극 및 N전극이나 P 및 N전극을 연결하는 공통전극은 초소형 임플랜트의 광감지 표면상이나 이에 가까이 있다. PiN 구성에 의해 생긴 전류는 위에 놓이거나 인접한 망막 세포에서 "밝음"의 감지를 자극하며 NiP 구성에 의해 발생된 전류는 동일한 세포 근처에서 "어두움"의 감지를 자극한다.

"명전류"를 위한 전력은 입력 영상에서 나오는 빛의 가시광선으로부터 유도된다. "암전류"를 위한 전력은 외부 컴퓨터 제어 광 헤드폰 시스템에 의해 눈에 투영된 영상이나 중첩된 적외선(IR)에 의해 공급된다. 이러한 외부 컴퓨터 제어 광 헤드폰 투영 시스템은 본 발명의 인조 망막 장치의 제 2 성분이며 적응 영상 망막 자극 시스템 "AIRES"로 불린다.

AIRES는 다음과 같은 서브시스템으로 구성된다: 투영 및 추적 광 시스템(PTOS), 신경-망 컴퓨터(NNC), 영상 CCD 카메라(IMCCD), 및 입력 스타일러스 패드(ISP). 작동동안 AIRES는 세부 및 영상의 특성을 자신의 IMCCD를 통해 "보고" 해석하며 NNC를 써서 이 정보를 처리한다. 이후에 임플랜트 기능을 변경하기 위해서 눈에 변조된 적외선 영상과 가시광선 영상을 투영한다. PTOS에 있는 부분 반사 및 투과 거울을 사용하여 AIRES는 주변환경으로부터 눈으로 들어오는 가시광선 영상위로 중첩되는 IR 및 가시광선 영상을 투영한다. 초기에, AIRES는 스타일러스 패드와 같은 입력장치에서 나오는 "환

"자입력"을 사용하여 프로그램되어 정확한 영상을 생성하기 위해 임플랜트 기능을 변형하는 방법에 대해 NNC를 "트레이인(train)"한다. 트레이닝 이후에 AIRES는 약간의 환자 보조로 임플랜트 기능을 변형하는 능력이 향상된다. 이러한 MMRI와 AIRES 조합 시스템의 공지기술보다 나은 점은 조합된 시스템이 빛이 약한 환경에서도 기능을 할 수 있고 "명전류" 및 "암전류"가 AIRES에 의해 세밀하게 동조되어서 최적의 영상을 제공한다는 것이다. 반대되는 명전류 및 암전류의 생성은 전기 분해로 인한 손상을 감소시키고 임플랜트의 생체적 합성을 향상시킨다.

선호되는 구체예에서, AIRES PTOS 헤드폰이 환자에 착용되고 IR과 가시광선 CRT(IRVCRT)를 사용함으로써 가변적 세기의 IR 및 가시광선 영상을 투영하여 눈에 비춘다. 이러한 IR 및 가시광선 영상 및 조명은 출력된 전류를 변조함으로써 임플랜트의 MMRI 서브유니트의 기능을 변조시킨다. 어둠속에서 IR 조명은 주전원이고 MMRI NiP 구성에 전력을 주어서 어두움의 시각적 감각을 자극하는 전류를 생성한다. 그러나, IR 유도 NiP 전류는 PTOS 주변 광센서와 IMCCD에 의해 제공된 정보에 기초하여 NNC 제어를 통해 PTOS에 의해 변조된다. 밝은 상태에서 더 높은 전류가 주변 빛에 의해 MMRI PiN 구성에 유도되어 변조된 더 낮은 MMRI NiP 전류를 오프셋 한다. 이것은 빛을 인식시킨다. 정상 환경에서 영상은 꾸준히 변하는 밝고 어두운 색조를 가지므로 임플랜트는 "명전류"와 "암전류" 사이에 전기출력을 빠르게 변화시킨다. 임플랜트의 "명전류" 변조는 주변 광 영상위에 중첩된 추가 가시광선 영상을 투영함으로써 AIRES PTOS에 의해 수행된다.

작동동안 AIRES는 IMCCD에 의해 제공된 디지털화 영상을 처리하기 위해서 NNC를 사용한다. 선호된 구체예에서 AIRES는 망막 임플랜트 상에 중첩된 실시간 비디오, 가시광선 및 적외선 영상을 투영한다. 이들 영상은 동시에 또는 신속한 연속으로 IRVCRT로 부터 표시될 수 있다. 혹은, 여과된 활성 매트릭스 LCD, LED 디스플레이 또는 여과된 플라즈마 디스플레이와 같은 적절한 디스플레이 장치가 가시광선 및 IR광 및 영상을 생성하는데 사용될 수 있다. AIRES는 PTOS 투영 영상의 과정, 세기, 지속기간 및 펠스 진동수를 변화시킴으로써 PTOS 투영 영상을 제어한다. 환자 입력장치(예, 입력 스타일러스 패드)는 NNC로 인터페이스되어서 환자가 PTOS 헤드폰에 의해 생성된 IR 및 가시광선 영상을 변조할 수 있게 한다. 이러한 환자 "파이드백"은 AIRES NNC에 의해 분석되고 IMCCD에서 나오는 컴퓨터 처리된 영상과 비교되고 그 차이는 AIRES 신경-망 소프트웨어에 의해 학습된다. 교수기간동안 NNC는 컴퓨터 발생 가시광선 및 IR 영상을 자동으로 조절하여 환자의 보조없이도 영상 질을 향상시킬 수 있다. 자극 주파수 및 PTOS의 IR 및 가시광선 영상의 기간을 조절함으로써 AIRES는 환자의 색감을 자극할 수 있다. 이것은 주파수 변조 흑백 TV수상기를 사용하거나 흑백 Benham top을 사용함으로써 정상 시력의 사람에게 유도된 색감과 유사하다.

본 발명의 MMRI와 AIRES 성분은 다음 방식에서 공지기술과 차이가 난다. 가시광선 및 적외선 영상 및 빛이 MMRI 기능을 선택적으로 변조하는데 사용된다. MMRI는 두 개의 광활성면에서 나오는 빛에 의해 자극되어서 두면으로부터 국지적인 차극 전류를 생성한다. 평탄한 모양의 MMRI는 망막하 공간에 배치될 때 장치의 방향을 입사광을 향하게 할 수 있다. AIRES 시스템을 사용하여 MMRI의 전기출력이 각 환자의 필요에 따라 프로그램된다. MMRI의 디자인 역시 유리질 물체면으로부터 망막의 내부 그물망층, 신경절 세포층, 또는 신경섬유층을 자극하는데 이들을 사용할 수 있게 한다. 또는, 제조동안 극성을 역전시킴으로써 망막하 공간으로부터 나머지 광수용체층, 이극 세포층 또는 내부 그물망층을 자극하는데 이들을 사용할 수 있다. MMRI로부터 출력된 전류의 2상 성질 역시 공지기술의 전기 자극의 단상 성질보다 생물학적으로 더 적합하다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 선호된 실시예에서 (도 1 내지 도 2), 각 마이크로포토다이오드 임플랜트(106)는 단일한 2면 마이크로다이오드를 포함한 평탄한 입방체 디바이스(MMRI)로서 제조된다. 각 MMRI(106)는 등근 모서리와 코너를 갖는 평탄한 입방체를 형성하고 초소형 크기이며 물리적으로 독립된 유니트이다. MMRI(106)는 두 광감지면, P-면(107a) 또는 N-면(107b)중 어느 면이 가시광선이나 적외선(108)에 의해 자극되는지에 따라 PiN 또는 NiP 디바이스로서 기능을 할 수 있다. 상부에서 저부로 MMRI(106)의 층은 P도핑된 폴리실리콘으로 제조된 P전극(110), P+층(112)에 가시광선(400 nm 내지 740nm) 만을 통과시키는 다층 유전체 필터(122), 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬에서 선택된 화합물로 제조되어 층(110)과 층(112)간의 전기적 접촉을 시키는 접촉패드(114), P+층(112)과 N형 기질(128)간에 자연적으로 발생하는 고유층(126), N+층(118), N+층(118)에 적외선(740 nm 내지 900nm) 만을 통과시키는 다층 유전체 필터(124), 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬에서 선택된 화합물로 제조되어 N+층(118)과 N도핑 폴리실리콘으로 제조되는 N극(116)인 마지막 층사이에 전기적 접촉을 시키는 접촉패드(120)를 포함한다.

도 1 내지 도 2에서 P전극(110)과 N전극(116)이 MMRI(106)의 전체표면을 덮는 것으로 도시될지라도 또 다른 실시예에서 P극(110)은 광감지면 P-면(107a)의 일부를 덮고 N극(116)은 광감지면 N-면(107b)의 일부를 덮을 수 있다. 이들 비율은 0.1 내지 99.9%이다. P전극(110)과 N전극(116)의 부분 커버의 목적은 MMRI(106)에 의해 발생된 전류의 농축을 시키는 것이다. 또한 도 1 내지 도 2에서 MMRI(106)의 폭과 깊이가 동일한 크기이며 5 내지 100 μ m이고 높이는 폭 및 깊이의 25 내지 50%라고 도시된다. 그러나, 또 다른 실시예에서 MMRI(106)는 깊이 및 폭이 1 μ m 정도 작게 또는 2000 μ m 만큼 크게 제조될 수 있으며 깊이와 높이는 동일할 필요가 없고 MMRI의 높이는 길이 및 폭의 1 내지 500%이다. MMRI N형 실리콘 기질(128)은 50 내지 2000 오옴- cm^2 의 오옴 비저항 값을 가진다. 그러나, 또 다른 실시예에서, MMRI N형 기질(128)은 1 내지 100000 오옴- cm^2 의 오옴 비저항 값을 가진다. 각 MMRI(106)의 선호되는 출력전류는 입사광(108)에 따라 1 내지 5000nA이다. 그럼에도 불구하고 0.01 내지 20,000nA 역시 적당하다.

본 발명의 제 2 실시예에서 (도 3-4의 MMRI-E), 폴리실리콘층(110)이 다층 유전체 가시광선 필터층(122)과 P+층(112) 사이에 삽입되며 폴리실리콘층(116)이 다층 유전체 IR 필터층(124)과 N+층(124) 사이에 삽입되도록 도 1 내지 2의 MMRI이 제조된다. 도 1 내지 2의 알루미늄 접촉패드(114, 120)는 이 실시예에서 포함될 필요가 없다. 이 실시예는 MMRI-E의 상부보다 MMRI-E에 인접한 망막 세포를 주로 자극하는 MMRI-E를 가져온다. 이 실시예는 측면 자극이 상부 자극보다 더 양호한 시력을 유도할 환자에게 사용된다. 고유층(126), N형 실리콘 기질층(128), P-면(107a), N-면(107b)은 불변이다.

도 5의 A 내지 L은 MMRI의 제조단계를 보여준다. 도 5A에서 200 nm 내지 400 오옴- cm^2 의 3"로트 존 1-0-0 N형 실리콘 기질(140)이 8 μ m 까지 가늘어지며 0.4"내지 0.5"폭의 실리콘 지지링(142)(30-40도의 테이퍼를 내는 채널 스톰 기술과 화학적 에칭에 의해 제조된)이 목표 웨이퍼(140)에 산화물 결합된다. 도 5B에서, P+층(144)은 웨이퍼(140)의 한면상에 0.2 μ m 깊이 까지 이온 이식된다. 다른 면은 이식으로부터 마스킹된다. 도 5C에서, 웨이퍼(140)가 뒤집히고 N+층(140)이 제 2 면상에 0.2 μ m 깊이 까지 이온 이식된다. 제 1 P+층(144)은 이식으로부터 마스킹 된다.

도 5D에서, P+ 층(144)과 N+ 층(146)이 0.5 내지 0.6 μm 깊이까지 열적으로 유도된다. 도 5E에서 TiO₂ 및 수정의 다중 교대층이 증착되어서 400~740nm의 가시광선을 통과시키지만 740~900nm IR을 차단하기 위해서 P+ 층(144)상에 간섭필터(148)를 생성한다. 이 유전층(144)의 총 두께는 3.5 내지 5 μm 이다. 도 5F에서 N+ 층(146)을 노출시키기 위해 웨이퍼가 뒤집히고 다중 TiO₂ 교대층이 N+ 층(140)상에 증착되어서 740 내지 900nm IR을 통과하지만 400~740nm 가시광선을 차단하는 간섭필터(150)를 생성한다. 유전체 층(150)의 총 두께는 2 내지 3 μm 이다. 도 5G에서, 포토레지스트가 방사되고 웨이퍼(140)의 양측이 간섭필름(148, 150)을 P+ 층(144) 및 N+ 층(146)까지 침투시키는 8 $\mu\text{m} \times 8\mu\text{m}$ 구멍(152)으로 패턴화되고 구멍의 간격은 4각 그리드 방식이다. 도 5H에서, 1.0 μm 의 알루미늄이 웨이퍼(14)의 양측에 증착된다. 도 5I에서, 포토레지스트가 방사되고 웨이퍼(140)의 양측이 8 $\mu\text{m} \times 8\mu\text{m}$ 접촉 구멍 상에 12 $\mu\text{m} \times 12\mu\text{m}$ 알루미늄 접촉패드(154)를 남기도록 패턴화되고 알루미늄에 열유도가 된다. 도 5J에서, 플라즈마, 저압, 화학증착이 웨이퍼(140)의 P+ 층 간섭필터(148)상에 0.2 내지 0.5 μm P+ 폴리실리콘(156)을 증착하는데 사용되어 250 내지 300°C에서 알루미늄 접촉 패드(154)와 전기접촉을 시킨다. 웨이퍼의 다른 측면은 마스킹된다. 도 5L에서, 3인치 웨이퍼가 50 $\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 스웨어(16)로 레이저 절단되고 한 접촉 패드가 모든 스웨어의 각면상에 중심이 잡힌다. 세정, 세척 및 회수된 스웨어가 MMRI이다. 이 MMRI는 디바이스의 예리한 코너와 모서리를 약간 둥글게 하기 위해서 초음파 에너지를 사용하여 유리용기에서 굴려진다.

도 6 내지 도 7은 본 발명의 인조 망막 장치(8)의 층형 미시구조를 보여주며 본 발명의 다른 실시예의 장치와 구별하기 위해서 MMRI-4로 언급된다. MMRI-4(8)는 등근 모서리 및 코너를 갖는 평탄한 입방체이며 초소형 크기이다. 이것은 4개의 마이크로포토다이오드 서브유니트(10a x 2 및 10b x 2)로 구성된다. MMRI-4(8)의 각 마이크로포토다이오드 서브유니트(10a 또는 10b)는 광감지 표면 중 어느 면이 광선(12)을 향해 배향되는지 여부에 따라 PiN 또는 NiP 디바이스가 된다. 예컨대, 도 7에서 마이크로포토다이오드(10a)는 P+ 터브(14)가 입사광(12)을 향하므로 PiN 서브유니트이며 마이크로포토다이오드(10b)는 N+ 터브(18)가 입사광(12)을 향하므로 NiP 서브유니트이다. 만약 MMRI-4(8)가 뒤집히면 마이크로포토다이오드(10a)는 입사광을 향하는 N+ 터브(18)를 가지므로 NiP 디바이스로 행동할 것이다. 유사하게 뒤집힐 때 마이크로포토다이오드(10b)는 입사광을 향하는 P+ 터브(14)를 가지며 PiN 디바이스가 된다.

도 6 내지 도 7에서, MMRI-4(8)는 MMRI-4(8)의 상부면과 하부면상의 4개의 P+ 터브(14)상에 배치된 4개의 양(P)극(13)을 포함한다(두개의 배면 마이크로포토다이오드의 하부 구조는 도 7에서 도시되지 않는다). P전극(13)은 P도핑 폴리실리콘으로 제조되며 화학 증착에 의해 생성되며 P+ 터브(14)의 내부 코너상에 증착된다. P전극(13)과 P+ 터브(14) 사이에 접착을 촉진하고 광차단물로 사용하기 위해서 금, 티타늄 또는 크롬층(14a)이 삽입된다. MMRI-4(8)는 4개의 N+ 터브(18) 표면상에 배치된 4개의 음(N) 전극(16)을 포함한다. N전극(16)은 N도핑 폴리실리콘으로 제조되며 화학증착에 의해 생성되며 N+ 터브(18)의 내부 코너상에 증착된다. N전극(16)과 N+ 터브(18) 사이에 접착을 촉진하고 광차단물로서 작용하기 위해서 금, 티타늄, 또는 크롬층(14a)이 삽입된다.

혹은, P전극(13)과 N전극(16)이 전류를 전도하는 적당한 재료로 제조될 수 있다. 이를 전도성 재료는 금, 크롬, 알루미늄, 아리듐, 및 백금이나 이의 조합 또는 이들 재료의 화합물을 포함한다. P전극(13)과 N전극(10)은 P+ 터브(14) 또는 N+ 터브(18) 표면을 0.1 내지 99.9% 덮을 수 있다. P전극(13)으로 덮히지 않은 P+ 터브(14) 표면부위상에 필터층(20)이 배치된다. 필터층(20)은 다중 유전체 코팅으로 제조되며 단지 가시광선(400 내지 740nm)만이 P+ 터브(14) 표면에 통과할 수 있게 한다. 필터층(22)은 N전극(16)으로 덮히지 않는 N+ 터브(18) 표면상에 배치된다. 필터층(22)은 다중 유전체 코팅으로 제조되며 단지 적외선(740 내지 900nm)만이 N+ 터브(18) 표면을 통과할 수 있게 한다. 각 P+ 터브(14) 아래에 고유층(15)이 P+ 터브(14)와 N형 실리콘 기질(25) 사이에 자연적으로 형성된다. N+ 터브층(18)은 추가 N형 인을 N형 실리콘 기질(25)에 이온 이식함으로써 생성된다. 각 MMRI-4 서브유니트(10a x 2, 10b x 2) 둘레에 P형 봉소의 이온 이식은 마이크로포토다이오드 서브유니트를 전기적으로 분리시키는 채널 스탭(24)을 생성시킨다. 채널스톱(24)은 N형 실리콘 기질(25b)을 에워싸고 있다.

도 6 내지 도 7에 도시된 실시예에서, MMRI-4(8)의 폭과 깊이는 동일한 크기이며 10 내지 50 마이크론이며 높이는 폭과 깊이의 25 내지 50%이다. 이러한 평탄한 입방체는 MMRI-4(8)의 두 개의 평탄한 광활성면 중 하나가 MMRI-4(8)가 망막 하 공간에 이식될 때 입사광(12)을 향하게 한다. MMRI-4(8)의 깊이 및 폭은 1마이크론 만큼 작게 그리고 1000마이크론 만큼 크게 제조될 수 있으며 폭과 깊이는 동일할 필요는 없다; MMRI-4의 높이는 폭과 깊이의 1 내지 500%이다. 도 6 내지 도 7에서, MMRI-4 N형 기질(25, 25b)은 50 내지 2000오옴- cm^2 의 오옴 비저항값을 가진다. 그러나, MMRI-4 N형 기질(25, 25b)은 1 내지 100,000오옴- cm^2 의 오옴 비저항값을 가질 수 있다. 각 MMRI-4 서브유니트 마이크로포토다이오드(10a, 10b)의 선호되는 전류 출력은 입사광(12)에 따라서 1 내지 5000nA이다. 그럼에도 불구하고, 0.01nA 내지 20,000nA의 전류가 적당할 수 있다. MMRI-4(8)는 P+ 터브(14)와 N+ 터브(18)의 면적에 대한 P전극(13) 또는 N전극(16)의 면적을 변화시킴으로써 더 크거나 더 적은 전류 출력을 달성하도록 변경될 수 있다.

도 8 내지 도 9는 본 발명의 인조 망막 장치의 제 4 실시예인 MMRI-4E(8a)의 층형 미소구조를 보여준다. MMRI-4E(8a)는 등근 모서리 및 코너를 가지는 평탄한 입방체형이며 미시적 크기이다. 이것은 4개의 마이크로포토다이오드 서브유니트(10a x 2, 10b x 2)로 구성된다. 각 마이크로포토다이오드 서브유니트(10a 또는 10b)는 어느 광민감 표면이 광선(12)을 향해 배향되는지 여부에 따라 PiN 또는 NiP 디바이스이다. 예컨대, 도 9에서 P+ 터브(14)가 입사광(12)을 향하고 있기 때문에 마이크로포토다이오드(10a)는 PiN 서브유니트이며 N+ 터브(18)가 입사광(12)을 향하기 때문에 마이크로포토다이오드(10b)는 NiP 서브유니트이다. 만약 MMRI-4E(8a)가 뒤집히면 마이크로포토다이오드 서브유니트(10a)는 입사광을 향하는 N+ 터브(18)를 가지므로 NiP 디바이스이며 마이크로포토다이오드 서브유니트(10b)는 입사광을 향하는 P+ 터브(14)를 가지며 PiN 디바이스로서 작용한다.

도 8 내지 도 9에서 MMRI-4E(8a)는 MMRI-4E(8a)의 상부 및 하부 측부상의 4개의 P+ 터브(14) 표면상에 배치된 4개의 투명한 양의(P)전극(13)을 포함한다(두개의 배면 마이크로포토다이오드 서브유니트의 저부 구조는 도 9에 도시될 수 없다). 투명한 P전극(13)은 화학증착에 의해 생성된 P도핑 폴리실리콘으로 제조되며 P+ 터브(14)상에 침적된다. MMRI-4E(8a)는 또한 N+ 터브(18) 표면상에 배치되는 4개의 투명한 N전극(16)을 포함한다. 투명한 N전극(16)은 화학 증착에 의해 생성된 N도핑 폴리실리콘으로 제조되며 N+ 터브(18)상에 침적된다.

P전극(13)과 N전극(16)은 투명한 박층으로 침적될 수 있으며 전류를 전도하는 적당한 재료로 제조된다. 이를 전도성 재료는 금, 크롬, 알루미늄, 아리듐 및 백금이나 이의 조합 또는 이들의 화합물을 포함한다. 필터층(20)은 P전극(13)상에 배치된다. 이러한 필터층(20)은 다중 유전체 코팅으로 제조되며 투명한 P전극(13)과 P+ 터브(14) 표면을 단지 가시광선(400

내지 740nm)만이 통과하게 한다. 필터층(22)은 N+ 터브(18) 표면상에 배치된다. 필터층(22) 역시 다층 유전체 코팅으로 제조되며 투명한 N전극(16)과 N+ 터브(18) 표면을 적외선(740 내지 900nm)만이 통과하게 한다. P+ 터브(14) 아래에 고유층(15)이 P+ 터브(14)와 N형 실리콘 기질(25) 사이에 자연적으로 형성된다. N+ 터브층(18)은 추가 N형 인을 N형 실리콘 기질(25)에 이온 이식 함으로써 생성된다. 각 MMRI-4 서브유니트(10a x 2, 10b x 2) 둘레에 P형 봉소의 이온 이식은 채널 스텁(24)을 생성시켜 마이크로포토다이오드 서브유니트를 서로 전기적으로 분리시킨다. 채널 스텁(24) 외부에 N형 실리콘 기질(25b)이 둘러싼다.

도 8 내지 9에 도시된 본 발명의 실시예에서 MMRI-4E(8a)의 폭 및 깊이는 동일한 크기이며 10 내지 50마이크론이며 높이는 폭 및 깊이의 25 내지 500%이다. 이러한 평탄한 입방체 구성은 MMRI-4E(8a)가 망막하 공간에 이식될 때 MMRI-4E(8a)의 두 개의 평탄한 광활성 면중 하나가 입사광(12)을 향하도록 한다. MMRI-4E(8a)는 깊이 및 폭이 1 내지 1000 마이크론이며 폭 및 깊이는 동일할 필요는 없고, MMRI-4E의 높이는 폭 및 깊이의 1 내지 500%이다. 도 8 및 9의 실시예에서 MMRI-4E N형 기질(25, 25b)은 50 내지 2000오옴·cm²의 오옴 비저항값을 가진다. 그러나, MMRI-4E N형 기질(25, 25b)은 1 내지 100,000오옴·cm²의 오옴 비저항값을 가질 수 있다. 각 MMRI-4E 서브유니트 마이크로포토다이오드(10a, 10b)의 선호되는 전류출력은 입사광(12)에 따라 1 내지 5000nA이다. 그러나 0.01 내지 200,000nA도 적당하다. MMRI-4E(8a)는 두께, 즉 P전극(13) 또는 N전극(16)의 투명도를 변화시킴으로써 더 크거나 더 적은 전류를 출력할 수 있다.

도 10에서 MMRI-4S(8)의 제조가 설명된다. MMRI-4S 제조의 제 1 단계는 8마이크론 두께인 3인치 직경 N형 1-0-0 실리콘 웨이퍼로 시작된다. 웨이퍼(30)는 티타늄 핀(32)을 써서 500마이크론 두께의 4인치 웨이퍼(34)에 고정된다. 도 10에 도시된 대로 복수개의 N형 사각 MMRI-4S(8)가 양면으로부터 P형 봉소 채널 스텁(24)을 이온 이식함으로써 주위의 N형 기질(25b)로부터 분리된다. 채널 스텁(24)은 3인치 직경 웨이퍼(30)의 전체 두께를 통해 열적으로 유도되어서 사각 MMRI-4S(8)마다 4개의 N형 실리콘 기질(25)의 사각 칼럼을 분리한다. 각 사각 칼럼(25)은 면당 11마이크론이며 1마이크론의 P형 실리콘 채널 스텁(24)에 의해 동일한 MMRI-4(8)의 인접한 사각 칼럼(25)으로부터 분리된다. 채널 스텁(24)을 포함하여 결과의 사각 MMRI-4S(8)는 면당 21마이크론이다. 사각 MMRI-4S(8)는 1마이크론의 N형 실리콘 기질(25b)에 의해 서로 분리된다. 정렬구멍(36)은 3인치 웨이퍼(30)를 통해 레이저 드릴링된다. 이 구멍(36)은 3인치 웨이퍼(30)의 양면으로부터 제조마스크의 정렬을 수월하게 한다.

도 7에 도시된 P+ 터브(14)는 P형 봉소를 N형 기질 사각 칼럼(25)에 이온 이식 및 열확산시켜 생성된다. 두 개의 P+ 터브(14)는 MMRI-4 사각섬(8)의 각면상에 형성되며 서로 대각선으로 배열된다. 고유층(15)은 사각칼럼(25)의 N형 실리콘 기질과 P+ 터브(14) 사이에 자동으로 형성된다. N+ 터브(18)는 N형 인을 N형 실리콘 기질 사각 칼럼(25)에 P+ 터브(14)의 반대면으로부터 이온 이식 및 열확산시켜 생성된다. 접착성을 향상시키고 P+ 터브(14)와 N+ 터브(18), P도핑 폴리실리콘 전극(13)과 N도핑 폴리실리콘 전극(16)의 내부 코너상의 광블록으로 작용하는 금, 크롬, 또는 티타늄층(14a)을 침적시킨 이후에 P+ 터브(14)와 N+ 터브(18) 표면의 10%가 P+ 터브(14) 및 N+ 터브(18)상에 침적된다. 도 10의 4인치 지탱 웨이퍼(34)상에 여전히 고정된 3인치 웨이퍼(30)는 이후에 진공 증착실로 옮겨져서 가시광선(400-740nm)을 통과시키는 다층 유전체 코팅(20)이 P+ 터브(14)상에 침적되며 적외선을 통과하는 다층 유전체 코팅(22)이 N+ 터브(18)상에 침적된다. 이후에 3인치 웨이퍼(30)가 뒤집히고 4인치 지지 웨이퍼(34)상에 재고정된다. 또다시 가시광선(400 내지 740nm)을 통과하는 다층 유전체 코팅(20)과 적외선(740 내지 900nm)을 통과하는 다층유전체 코팅(22)이 금, 크롬 또는 티타늄 접착 및 광블록층(14a) 침적후 각 P+ 터브(14) 및 N+ 터브(18)상에 침적된다.

도 10에 도시된 바와 같이 제조된 MMRI-4 사각섬(8)을 갖는 최종 3인치 웨이퍼(30)는 이후에 4인치 지지웨이퍼(34)로부터 제거된다. 이후에 3인치 웨이퍼(30)는 적당한 용해성 접착제를 사용하여 4인치 웨이퍼(34)에 재결합된다. 레이저를 사용하여 X 및 Y 방향 절단이 이루어져서 MMRI-4 사각섬(8)이 서로 분리된다. 그러나, MMRI-4 섬(8)은 접착제에 의해 지지 웨이퍼(34)에 결합되어 있다. 이후에 웨이퍼 어셈블리(30, 34)는 수성 용액에 담겨서 접착제를 용해시킨다. 표준 여과기술을 사용하여 수용액으로부터 MMRI-4 사각섬(8)이 회수되고 세척 및 전조된다. 회수된 MMRI-4 섬(8)은 초음파에너지사를 사용하여 유리용기에서 굴려진다. 이러한 텁블링 공정은 MMRI-4S(8)의 예리한 모서리 및 코너를 둥글게 한다. 도 7의 MMRI-4S(8)로 표현된 최종 디바이스는 이후에 다시 세척되고 회수되고 눈에 이식을 위한 생체 적합성 준고체 또는 액체 담체에 놓인다.

도 11은 망막하 공간(82)에서 선호된 단층 위치에 이식된 MMRI-4S(8)를 보여준다. 눈 내부로 부터 눈 외부로 후극에 있는 눈의 층이 각 위치별로 도시된다: 내부 한정막(50); 신경섬유층(52); 신경절 및 세포층(54); 내부 그물망층(56); 내부 핵층(58); 외부 그물망층(60); 외부 핵층(62); 광수용체층(64). 이들 모두는 내부 망막층(66)을 구성한다. MMRI-4S(8)는 내부 망막층(66)과 함께 외부 망막층(72)을 구성하는 망막 색소조직(68)과 Bruch막(70) 사이에 배치된다. 외부 망막층 외부에 눈의 외부 코트를 구성하는 공막(80)과 맥락막 맥관 구조(78)를 구성하는 맥락막(76)과 맥락막 모세관(74)이 있다.

도 12는 망막의 내부한정막(50)상에 신경섬유층(52)에 가까이 위치된 MMRI-4(8)를 보여준다. 이 위치에서 MMRI-4(8)는 신축성이며 생체 적합성인 쉬이트(44)에 포함되어 각 MMRI-4(8)의 평탄한 광활성 표면 둘다가 노출될 수 있다. MMRI-4(8)에 의해 내부 한정막 표면(50)을 통한 망막 신경섬유층(52)의 전기자극은 인조 영상을 유도하지만 생성된 영상의 질은 도 11에 도시된 망막하 공간(82)으로부터 망막의 자극으로 형성된 영상보다 낫다. 도 12에 도시된 눈의 내부로 부터 외부로 후극에 있는 눈의 층은 다음과 같다: 내부 한정막(50); 신경섬유층(52); 신경절 세포층(54); 내부 그물망층(56); 내부 핵층(58); 외부 그물망층(60); 외부 핵층(62); 광수용체층(64), 이들 모두는 내부 망막층(66)을 구성한다. 망막 색소조직(68)과 Bruch막(70)은 함께 외부 망막층(72)을 구성한다. 외부 망막층(72) 외부에 맥락막 모세관(74)과 맥락막(76)이 맥락막 맥관구조(78)를 형성하며 눈의 외부 코트에 공막(80)이 있다.

도 13 내지 13에 도시된 대로 본 발명의 MMRI의 또 다른 실시예에서, 각 MMRI에 포함된 두 개의 유전체 필터층은 가시광선 투과형(210, 222) 또는 IR 투과형(310, 322)이다. 이들의 전극에 폴리실리콘을 사용하는 것 대신에 이들 디바이스의 전극(202, 204, 302, 304)은 금으로 제조되며 (알루미늄 또는 백금도 가능함) 산업표준 "웨이퍼 범핑" 공정을 사용 침적된다. 이것은 알루미늄 접촉 패드(214, 224, 314, 324)에 결합된 돌출형 구조로 각 전극을 형성한다. 각 금돌출 전극(202, 204, 302, 304)은 텁을 제외한 전체 표면이 이산화 실리콘 절연층(208, 226, 308, 326)이나 실리콘 나이트라이트로 덮힌다. 돌출 전극의 높이는 디바이스의 한 면이 다른 면보다 높으며 더 높은 면(202, 302)이 5 내지 200μm이며 더 낮은 면(204, 304)이 1 내지 195μm이다. 제조될 때 각 디바이스는 두 개의 그룹을 형성한다: (1) N면 (205b)상에 더 높은 돌출전극(HPE)(202)과 P면 (205a)상에 더 낮은 돌출전극(LPE)(204)을 갖는 가시광선 반응 디바이스("MMRI-IPV")(200), (2) P면 (305b)상에 HPE(302)와 N면 (305a)상에 LPE(304)를 갖는 IR반응 디바이스 ("MMRI-IPIR")(300).

도 17 내지 18에 도시된 바와 같이 두 개의 서브유니트 MMRI-IPV(200)와 MMRI-IPIR(300)은 하나의 MMRI-IPV(200)와 하나의 MMRI-IPIR(300)로 구성된 조합유니트(MMRI-IPVIR-A)(400)로서 존재할 수도 있다. MMRI-IPV(200)의 HPE(202)와 MMRI-IPIR(300)의 HPE(302)는 MMRI-IPVIR-A의 한면상에서 동일 방향을 향한다. MMRI-IPV(200)의 LPE(204)와 MMRI-IPIR(300)의 LPE(304)는 HPE(202, 302)의 반대방향으로 MMRI-IPVIR-A(400)의 반대면 상에서 동일 방향을 향한다.

도 21에 도시된 바와 같이, MMRI-IPVIR-A(400)는 눈의 망막하 공간(82)에 배치되고 광수용체층이 완전히 퇴화되어 망막하 공간(82)에 인접한 층으로서 2극 세포층(58a)이나 내부 그물망층(56)을 남기는 망막을 자극하는데 사용된다. 서브라미나 "B"(56b)로 알려진 "명채널" 내부 그물망층은 서브라미나 "A"(56a)로 알려진 "암채널" 내부 그물망층에 비해서 망막하 공간(82)으로부터 멀리 있기 때문에 HPE 전극(202, 302)은 서브라미나 "B"(56b)에 있는 "명채널" 시냅스를 선택적으로 접촉하며 LPE(204, 304)는 서브라미나 "A"(56a)에 있는 "암채널" 시냅스를 선택적으로 접촉한다. 이러한 배치는 가시광선 자극을 선택적으로 탈분극화시키고 HPE(202)에 의해 음의 전류가 생성되게 함으로써 서브라미나 "B"에 있는 명채널을 활성화시키고 HPE(302)에 의해 양의 전류가 생성되게 함으로써 IR자극을 선택적으로 분극화시켜서 서브라미나 "B"에 있는 명채널을 억제한다. 이러한 배치는 LPE(304)에 의해 음의 전류가 생성되게 함으로써 IR 자극을 선택적으로 탈분극화시키고 서브라미나 "A"에 있는 암채널을 활성화시키고 LPE(204)에 의해 양의 전류가 생성되게 함으로써 가시광선자극을 선택적으로 분극화시키고 서브라미나 "A"에 있는 암채널을 억제시킨다.

도 12 및 도 22에 도시된 바와 같이 MMRI-4(8)과 극성이 역전된 MMRI-IPVIR-A 임플랜트 MMRI-IPVIR-AR(8c)이 생체적 합성 쉬이트(44)에 포함되어 디바이스의 전극표면이 노출된다.

도 12에 도시된 대로 유리질체 면으로부터 망막의 내부 한정막 표면(50)상에 MMRI-4(8)가 위치된다. 이 위치에서 MMRI-4(8)는 망막의 신경섬유층(52) 또는 신경절 세포(54)를 자극한다.

도 22에 도시된 대로 MMRI-IPVIR-AR(8c)의 경우에 이들의 전극은 신경섬유(52) 및 신경절 세포층(54)을 통해 서브라미나 "B" 명채널층(56b)과 내부 그물망층(56)의 서브라미나 "A" 암채널층(56a) 지역에 침투하여 시각을 유도하기 위해서 이들 층을 선택적으로 자극한다. 도 21의 MMRI-IPVIR-A(400)에 비교되는 MMRI-IPVIR-AR(8c)의 역전된 극성은 서브라미나 "B"(56b)의 명채널을 탈분극화(활성화)시키고 서브라미나 "A"(56b)의 암채널을 분극화(억제)시키는 가시광선 자극의 효과를 보존하는데 필요하며; 서브라미나 "A"(56a)의 암채널을 탈분극화(활성화)시키며 서브라미나 "B"의 명채널을 분극화(억제)시키는 IR 자극의 효과를 보존하는데 필요하다. 극성 변화, 즉 분극화 및 탈분극화는 IPL의 서브라미나 B와 A 지역에 미치는 효과와는 다르게 망막하 공간에서 나머지 광수용체 세포에 효과를 준다. 망막하 공간에서 분극화 자극은 나머지 광수용체 세포에서 밝음을 감지하게 하며 탈분극화 자극은 나머지 광수용체 세포에서 어두움을 감지하게 한다.

그러므로 도 13 내지 14는 "MMRI-IPV"로 언급되는 본 발명의 제 5 구체예를 보여주며 소형크기이며 부호(200)로 표기된다. MMRI-IPV(200)는 도 14에 도시된 층형 미소구조를 갖는 물리적으로 독립된 유니트이다. 이 구체예에서, MMRI-IPV(200)는 둥근 코너 및 모서리, 전기적으로 음성인 고돌출 전극("HPE")(202), 전기적으로 양성인 저돌출 전극("LPE")(204)를 갖는 평탄한 입방체 모양을 형성한다. MMRI-IPV(200)는 내부 망막을 자극할 때 두 개의 광감지면, P면(205a) 또는 N면(205b)중 어느 면이 가시광선(206)에 의해 자극되는지 여부에 따라 PIN 또는 NiP 디바이스로서 기능을 한다. 상부에서 하부로 MMRI-IPV(200)층은 다음과 같다: 금으로 제조된 음의 HPE 전극(202), HPE 전극(202)의 텁을 제외하고 N면(205b)을 덮는 SiO_2 절연층(208), 가시광선(400 내지 740nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(210), N+층(212), 음의 HPE(202)와 N+층(212)간에 전기적으로 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄, 또는 크롬중 하나와 이의 혼합물로 제조된 접촉패드(214), N형 실리콘 기질층(216), N형 실리콘 기질층(216)과 다음 P+층(220)간에 자연적으로 형성된 고유층(218), 단지 가시광선(400 내지 740nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(222), P+층(220)과 전기적으로 양성된 저돌출 전극(LPE)(204)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(224), SiO_2 절연층(226)은 LPE 전극(204)의 텁을 제외하고 P면(205a)을 덮는다.

도 15 내지 16은 "MMRI-IPIR"로 언급되는 본 발명의 제 6 구체예를 보여주며 소형크기이며 부호(300)로 표기된다. MMRI-IPIR(300)는 도 16에 도시된 층형 미소구조를 갖는 물리적으로 독립된 유니트이다. 이 구체예에서, MMRI-IPIR(300)은 둥근 코너 및 모서리, 전기적으로 양성인 고돌출 전극("HPE")(302), 전기적으로 음성인 저돌출 전극("LPE")(304)를 갖는 평탄한 입방체 모양을 형성한다. MMRI-IPIR(300)은 내부 망막을 자극할 때 두 개의 광감지면, P면(305a) 또는 N면(305b)중 어느 면이 적외선(306)에 의해 자극되는지 여부에 따라 PIN 또는 NiP 디바이스로서 기능을 한다. 상부에서 하부로 MMRI-IPIR(300)층은 다음과 같다: 금으로 제조된 양의 HPE 전극(302), 양의 HPE 전극(302)의 텁을 제외하고 P면(305b)을 덮는 SiO_2 절연층(308), IR(740 내지 900nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(310), P+층(312), 양의 HPE(302)와 P+층(312)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄, 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(314), N형 실리콘 기질층(316)과 P+층(312)간에 자연적으로 형성된 고유층(318), 단지 IR(740 내지 900nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(322), N+층(320)과 전기적으로 음성인 저돌출 전극(LPE)(304)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(324), SiO_2 절연층(326)을 LPE 전극(304)의 텁을 제외하고 N면(305a)을 덮는다.

도 17 내지 18은 "MMRI-IPVIR-A"로 언급되는 본 발명의 제 7 구체예를 보여주며 소형크기이며 부호(400)로 표기된다. 이것은 채널블록층(350)으로 분리된 MMRI-IPV(200)와 MMRI-IPIR(300)으로 구성된다. MMRI-IPV 성분(200)의 층형 미소구조가 좌측에 도시되며 먼저 기술된다. MMRI-IPV 성분(200)은 둥근 코너 및 모서리, 전기적으로 음성인 고돌출 전극("HPE")(202), 전기적으로 양성인 저돌출 전극("LPE")(204)를 갖는 평탄한 입방체 절반인 모양을 형성한다. 상부에서 하부로 MMRI-IPV(200)층은 다음과 같다: 금으로 제조된 음의 HPE 전극(202), HPE 전극(202)의 텁을 제외하고 N면(205b)을 덮는 SiO_2 절연층(208), 가시광선(400 내지 740nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(210), N+층(212), 음의 HPE(202)와 N+층(212)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄, 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(214), N형 실리콘 기질층(216), N형 실리콘 기질층(216)과 다음 P+층(220)간에 자연적으로 형성된 고유층(218), 단지 가시광선(400 내지 740nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(222), P+층(220)과 전기적으로 양성인 저돌출 전극(LPE)(204)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉

패드(224), SiO_2 절연층(226)은 LPE 전극(204)의 텁을 제외하고 P면 (205a)을 덮는다. MMRI-IPVIR-A(400)의 MMRI-IPIR 성분(300)의 층형 미소구조는 우측에 도시되어 기술된다. MMRI-IPIR(300)은 둥근 코너 및 모서리, 전기적으로 양성인 고돌출 전극("HPE")(302), 전기적으로 음성인 저돌출 전극("LPE")(304)를 갖는 평탄한 입방체의 절반인 모양을 형성한다. 상부에서 하부로 MMRI-IPIR(300) 층은 다음과 같다: 금으로 제조된 양의 HPE 전극(302), 양의 HPE 전극(302)의 텁을 제외하고 P면 (305b)을 덮는 SiO_2 절연층(308), IR(740 nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(310), P+ 층(312), 양의 HPE(302)와 P+ 층(312)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄, 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(314), N형 실리콘 기질층(316)과 P+ 층(312)간에 자연적으로 형성된 고유층(318), 단지 IR(740 nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(322), N+ 층(320)과 전기적으로 음성인 저돌출 전극(LPE)(304)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(324), SiO_2 절연층(326)은 LPE 전극(304)의 텁을 제외하고 N면(305a)을 덮는다.

도 19 내지 20은 "MMRI-IPVIR-B"로 언급되는 본 발명의 제 8 구체예를 보여주며 소형크기이며 부호 (500)로 표기된다. 이것은 채널블록층(350)으로 분리된 MMRI-IPV(200)와 MMRI-IPIR(300)으로 구성된다. MMRI-IPV 성분(200)의 층형 미소구조가 좌측에 도시되어 먼저 기술된다. MMRI-IPV 성분(200)은 둥근 코너 및 모서리, 전기적으로 음성인 고돌출 전극("HPE")(202), 전기적으로 양성인 저돌출 전극("LPE")(204)를 갖는 평탄한 입방체 절반인 모양을 형성한다. 상부에서 하부로 MMRI-IPV(200) 층은 다음과 같다: 금으로 제조된 음의 HPE 전극(202), HPE 전극(202)의 텁을 제외하고 N면(205b)을 덮는 SiO_2 절연층(208), 가시광선(400 nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(210), N+ 층(212), 음의 HPE(202)와 N+ 층(212)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄, 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(214), N형 실리콘 기질층(216), N형 실리콘 기질층(216)과 다음 P+ 층(220)간에 자연적으로 형성된 고유층(218), 단지 가시광선(400 nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(222), P+ 층(220)과 전기적으로 양성인 저돌출 전극(LPE)(204)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(224), SiO_2 절연층(226)은 LPE 전극(204)의 텁을 제외하고 P면 (205a)을 덮는다. MMRI-IPVIR-B(500)의 MMRI-IPIR 성분(300)의 층형 미소구조는 우측에 도시되어 기술된다. MMRI-IPIR(300)은 둥근 코너 및 모서리, 전기적으로 양성인 고돌출 전극("HPE")(302), 전기적으로 음성인 저돌출 전극("LPE")(304)를 갖는 평탄한 입방체의 절반인 모양을 형성한다. 상부에서 하부로 MMRI-IPIR(300) 층은 다음과 같다: 금으로 제조된 양의 HPE 전극(302), 양의 HPE 전극(302)의 텁을 제외하고 P면 (305b)을 덮는 SiO_2 절연층(308), IR(740 nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(310), P+ 층(312), 양의 HPE(302)와 P+ 층(312)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄, 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(314), N형 실리콘 기질층(316)과 P+ 층(312)간에 자연적으로 형성된 고유층(318), 단지 IR(740 nm)만을 통과시키는 다층 유전체 필터(322), N+ 층(320)과 전기적으로 음성인 저돌출 전극(LPE)(304)간에 전기적 접촉을 시키기 위해서 금, 알루미늄, 티타늄 또는 크롬중 하나와 이의 화합물로 제조된 접촉패드(324), SiO_2 절연층(326)은 LPE 전극(304)의 텁을 제외하고 N면 (305a)을 덮는다.

도 21은 망막하 공간(82)에서 단층위치에 이식된 MMRI-IPVIR-A(400)를 보여준다. 마이크로포토다이오드의 가시광선 감지부위로 부터 탈분극 고돌출 전극(HPE)(202)이 내부 그물망층(IPL)(56)의 서브라미나 B(56b)의 명채널을 자극한다. 마이크로포토다이오드의 IR 감지부위의 분극화 HPE(302)는 IPL(56)의 서브라미나 B(56b)의 명채널을 억제시킨다. 마이크로포토다이오드의 IR 감지부위의 탈분극 저돌출 전극(LPE)(304)은 IPL(56)의 서브라미나 A(56a)의 암채널을 자극한다. 마이크로포토다이오드의 가시광선 감지부위의 분극화 LPE(204)는 IPL(56)의 서브라미나 A(56a)의 암채널을 억제시킨다. 부분 퇴화된 망막의 도시에서 눈내부로 부터 눈외부로 후극에 있는 눈의 층은 다음과 같다: 내부 한정막(50); 신경섬유층(52); 신경절 세포층(54); 서브라미나 b(56b)와 서브라미나 a(56a)로 구성된 내부 그물망층(56); 부분 퇴화된 내부 핵층(58a). MMRI-IPVIR-A(400)는 부분 퇴화된 내부 망막층(66a)과 함께 외부 망막층(72)을 구성하는 망막 색소 조직(68) 및 Bruch 막(70) 사이에 배치된다. 외부 망막층(72) 외부에 맥락막 모세관(74), 맥락막(76) 및 공막(80)이 있다. 혹은, MMRI-IPVIR-A 대신에 도 13 내지 16의 성분 MMRI-IPV와 MMRI-IPIR 또는 도 19 내지 20의 MMRI-IPVIR-B가 망막하 공간(82)에 이식될 수 있다.

도 22는 망막의 내부 한정막 표면(50) 상에 위치된 본 발명의 제 9 구체예인 MMRI-IPVIR-AR(8c)을 보여준다. 이 구체예에서, MMRI-IPVIR-AR(8c)은 각 MMRI-IPVIR-AR(8c)의 광활성 표면과 돌출전극 둘다가 노출될 수 있게 하는 신축성이며 생체 적합성인 쉬이트(44)에 포함된다. IR 감지 마이크로포토다이오드의 반대면상에 탈분극 고돌출 전극(HPE)(302a)이 어두움 탐지를 위해 내부 그물망층(IPL)(56)의 서브라미나 A(56a)의 암채널에 침투하여 어두움 감각을 자극한다. 마이크로포토다이오드의 가시광선 감지 부위의 반대면상의 분극화 HPE(202a)가 IPL(56)의 서브라미나 A(56a)에 침투하여 암채널을 억제한다. 마이크로포토다이오드의 가시광선 감지부위의 반대면상의 탈분극 저돌출 전극(LPE)(204a)이 IPL(56)의 서브라미나 B(56b)에 침투하여 명채널을 자극한다. 마이크로포토다이오드의 IR 감지부위의 반대면상의 분극화 LPE(304a)가 IPL(56)의 서브라미나 B(56b)에 침투하여 명채널을 억제한다. 부분 퇴화된 망막의 도시에서 눈내부에서 외부로 후극에 있는 눈의 층은 다음과 같다: 내부 한정막(50); 신경섬유층(52); 신경절 세포층(54); 서브라미나 b(56b)와 서브라미나 a(56a)로 구성된 내부 그물망층(56); 부분 퇴화된 내부 핵층(58a); 이들 모두는 부분 퇴화된 내부 망막층(66a)을 구성한다. 망막 색소 조직(68)과 Bruch 막(70)은 함께 외부 망막층(72)을 구성한다. 외부 망막층(72) 외부에 맥락막 모세관(74), 맥락막(76) 및 공막(80)이 있다. MMRI-IPVIR-AR(8c)은 반대극성의 MMRI-IPV와 반대극성의 MMRI-IPIR 성분으로서 제조될 수 있으며 이들은 반대극성의 MMRI-IPV와 반대극성의 MMRI-IPIR의 돌출전극과 광활성 표면 둘다가 노출될 수 있게 하는 신축성이며 생체 적합성인 쉬이트(44)에 이식된다.

도 23은 투영 및 추적 광시스템(PTOS) 헤드세트(94), 신경망 컴퓨터(NNC)(96), 영상 CCD 카메라(IMCCD)(100) 및 입력 스타일러스 패드(ISP)(102)를 포함하는 적응 영상 망막 자극 시스템(AIRES)의 개략도이다. 동공 반사 추적 CCD(PRTCCD)(98)와 IR/가시광선 CRT 디스플레이(IRVCRT)(92)가 PTOS(94)내에 있다. MMRI-4(8)는 눈(90)의 망막하 공간에 보인다. 기능하는 동안, PTOS(94)내의 IRVCRT(92)로 부터 나오는 IR 및 가시광선 영상이 눈(90)에 광학적으로 투영된다. 영상의 세기, 파장, 지속기간(duration), 그리고 펄스화(pulsing)는 NNC(96)에 의해 제어되며 인터페이싱된 ISP(102)를 통해 환자입력에 의해 변조된다. PTOS 헤드 세트(94)에 장착된 IMCCD(100)는 NNC(96)에 영상입력을 제공하고, NNC는 IRVCRT(92)의 가시광선 및 IR 영상 출력력을 프로그램한다. PRTCCD(98)는 PTOS 헤드세트(94)에 접적되어서, 동공 Purkinje 영상의 위치 변화를 통해 눈의 움직임을 추적한다. PRTCCD(98)는 NNC(96)에 출력되며, NNC(96)는 눈 움직임을 따르도록 서보모터 제어를 통해 IMCCD(100)의 조준을 안내한다. PTOS(94)는 MMRI-4(8)상의 주변 가시광선 영상(104)과 상호작용할 확산 IR 조명만을 제공할 수도 있다.

AIRES 의 세부 작동은 다음과 같다. 복수의 MMRI-4(8)가 이식된 환자는 MMRI-4 서브유니트(10a)의 PiN 구성에 의해 생성된, 국지적 망막과 분극화에 의해 야기된, 픽셀화 영상을 본다. 이러한 전기적으로 유도된 영상은 PTOS(94)의 외부 부분반사 및 투과 거울(106)을 통과하는 주변 입사영상(104)으로부터 나오는 빛에 의해 야기된다. 암세부영상(image of dark detail)은 IRVCRT(92)에 의해 제공된 IR 조명 또는 영상에 의해 자극되는 MMRI-4 서브유니트(10b)의 NiP 구성에 의해 생성된 전류를 탈분극시킴으로써 유도된다. IRVCRT(92)는 NNC(96)에 의해 프로그램되어서, 입사광으로부터 나오는 가시광선 영상(104)에 중첩되도록 확산 IR 조명 또는 IR 영상을 제공한다. IRVCRT(92)로부터 나오는 확산 IR 조명은 MMRI-4 NiP 서브유니트(10b)로 부터 일정한 탈분극 "바이어스 전류"를 유도한다. 이 "바이어스 전류"는 PiN 서브유니트(10a)에 광자극 없이도 어두움을 감지시킨다. 그러나, PiN 서브유니트(10a)를 자극할 빛이 존재할 경우에, 결과적인 분극화 전류는 IR 유도 NiP 탈분극 바이어스 전류를 오프셋 시킬 것이다. 그 결과는 환자에 의해 빛을 감지시킨다. IR NiP 구성의 제한된 대역폭 감도 때문에(740~900nm), 환경적인 IR "노이즈"는 최소이다. NiP 탈분극 바이어스 전류량은 ISP(102)를 통해 환자에 의해 초기에 조절되며 이 정보는 NNC(96)에 입력된다. 그 후, 인터페이싱된 IMCCD(100)에서 나오는 영상 처리 정보와 상관된다. 환경적 조명상태 및 영상에 기초한, 적절한 NiP "바이어스 전류"의 양이 이후에 NNC(96)에 의해 "학습"된다. 추가 학습을 통해, NNC(96)는 환자 입력의 필요없이 더 정확히 인식된 영상을 생성하는데 필요한 NiP "바이어스 전류"의 양을 예전 할 수 있다.

전체 가시광선 영상이 IRVCRT(92)에 의해 동시에 투영될 수도 있고, 또는, IR 영상 필스로 신속하게 번갈아가며 투영될 수 있어서, MMRI-4(8) 기능을 전체적으로 제어할 수 있다. 이러한 상황에서, PTOS(94)의 부분 반사/투과 거울(106)이 완전 반사 거울로 대체되어서 주변의 영상(104)이 MMRI-4(8)를 자극하는 것을 방지할 수 있다. IR 및 가시광선 영상의 필스기간 및 주파수를 프로그램함으로써 색채 영상이 Benham top 효과에 유사하게 유도될 수 있다. 이러한 현상은 흑백 TV 디스플레이에도 사용되어서 정상 시력의 사람에게 색채영상을 인식시킬 수 있다.

도 24 의 A 내지 D 는 AIRES 시스템의 PTOS 성분의 유리형 구성(94)을 보여준다. 도 24D 에 도시된 바와 같이 광시스템이 도 23 에 도시된 PTOS 성분(94)과 약간 다를지라도 장치의 기능 및 사상은 동일하다. 도 24A 는 PTOS(94)의 평면도이다. 이것은 헤드 패드(108), 템플편(110), 및 주변 광도 센서(112)를 보여준다. 도 24B 는 PTOS(94)의 정면도이다. 이것은 외부 부분 반사/투과 거울(106), 코 지지편(114), 주변 광도 센서(112), 및 도 23 에 도시된 IMCCD(100)의 윈도우를 보여준다. 도 24C 는 PTOS(94)의 측면도로 도 23 의 IRVCRT(92)로 대체된 내부 적외선 및 가시광선 LED 광원(92)을 보여준다. 부분 반사/투과 거울(106), 코 지지편(114), 헤드 패드(108), 템플편(110), 및 도 23 의 NNC(96)로의 전원 및 신호선 케이블이 또한 도시된다. 도 24D 는 PTOS(94)의 개략적 도면이다. 이것은 초점이 잡힌 영상(104)을 갖는 눈(90)의 맹막하 공간에 배치된 MMRI-4(8)를 보여준다. 또한 내부 적외선 및 가시광선 LED 광원(92), PRTCDD(98) 및 외부 부분 반사/투과거울(106)이 도시된다.

도 25 는 PTOS(94), 환자의 몸에 고정될 수 있는 휴대용 NNC(96) 및 ISP(102) 입력장치로 구성된 AIRES 시스템의 성분을 보여준다.

도 26 은 본 발명의 제 9 구체예인 임플랜트를 포함한 커다란 웨이퍼의

평면도 (세부 분해도를 포함) 이다. 이 구체예는 마이크로포토다이오드 (401a)

("MMRI-OPSISTER-D")에 기초한다. 각 MMRI-OPSISTER-D 마이크로포토다이오드(401a)는 도 26 의 분해도에 도시된 대로 두 개의 마이크로포토다이오드 서브유니트(402, 404)를 가진다.

커다란 웨이퍼는 더 작은 웨이퍼형 임플랜트(수천 내지 수만개의 MMRI OPSISTER-D 마이크로포토다이오드 유니트(401a)를 포함하는 0.25 내지 15mm의 웨이퍼)로 절단될 수 있다. 혹은, 큰 웨이퍼(405)가 훨씬 더 작은 이산형 임플랜트(하나 내지 10,000개의 MMRI OPSISTER-D 마이크로포토다이오드 유니트(401a)를 포함한 1마이크론 내지 0.25mm의 임플랜트)로 절단될 수 있다. 웨이퍼형이든 이산형이든 상관없이 MMRI OPSISTER-D 마이크로포토다이오드의 기본 구조 및 제조단계는 동일하다.

도 27 A-E 는 도 26 의 MMRI-OPSISTER-D(401a)의 XXVII-XXVII에서 취해진 사시 단면도로 MMRI-OPSISTER-D(401a)의 구조 및 제조단계를 보여준다. 초기 제조단계(도 27A)에서 MMRI-OPSISTER(401)의 마이크로포토다이오드 서브유니트(402, 404)가 N밸크 박층 웨이퍼(도 26 의 405)의 양면에 적용된 포토마스크, 이온이식 및 열유도 기술에 의해 형성된다. 도 27A 의 상부에서 하부로 마이크로포토다이오드 서브유니트(402)는 P+ 층(406), 고유층(408), N밸크층(408) 및 N+ 층(410)을 갖는다. 마이크로포토다이오드 서브유니트(404)는 N+ 층(410a), N밸크층(409a), 고유층(408a) 및 P+ 층(406a)을 갖는다. 두 개의 마이크로포토다이오드 서브유니트(402, 404)를 서로 전기적으로 분리시키고 동일한 기질상의 다른 MMRI-OPSISTER과 분리시키는 것은 서브유니트(402, 404)를 에워싸는 P+ 채널 블록(412)이다.

도 27B 는 P+ 및 N+ 표면(406, 406a, 410, 410a)에 침적 및 열유도된 알루미늄 접촉 패드(418a-d)를 보여준다. 이산화 실리콘 절연체 스트립(414a, 414b)은 P+ 및 N+ 표면(406, 406a, 410, 410a)과 MMRI-OPSISTER(401)의 각면 간의 접촉패드(418a-d)를 연결시킨다.

도 27C 는 전도체(415)가 알루미늄 접촉 패드(418a, 418b)를 접촉하고 전도체(415a)가 알루미늄 접촉패드(418c, 418d)를 접촉하도록 이산화실리콘 절연체 스트립(414a, 414b) 위로 알루미늄 전도체(415, 415a)의 침적을 보여준다.

도 27D 는 P+ 표면(406, 406a)상의 적외선 통과 유전체 필터(422, 422a)와 N+ 표면(410, 410a)상의 가시광선 통과 유전체 필터(424, 424a)의 침적을 보여준다. 유전체 필터(422, 424)의 제조동안 필요한 장벽 알루미늄층(417)이 전도체(415) 상에 침적된다. 유전체 필터(424a, 422a)의 제조동안 필요한 또 다른 장벽 알루미늄층(417a)이 전도체(415a)상에 침적된다.

도 27E 는 장벽 알루미늄(417)상의 최종 연결 전극(420)의 침적과 장벽 알루미늄(417a)상의 최종 연결전극(420a)의 침적을 보여준다. 최종 연결전극(420, 420a)은 이리듐, 백금, 금, 알루미늄, 루테늄, 로듐, 팔라듐, 탄탈륨, 티타늄, 크롬, 몰리브덴, 코발트, 니켈, 철, 구리, 은, 지르코늄, 텉스텐, 폴리실리콘 또는 이의 산화물과 같은 생체적 합성 전극재료로 부터 제조된다. 이리듐 산화물이 전극(420, 420a)에 선호되는 재료이다. 유전체 광필터를 갖는 도 27A-C 의 MMRI-OPSISTER 디바이스(401)는 도 27D, E 의 MMRI-OPSISTER-D 디바이스(401a)라 불린다.

도 27E 에 도시된 바와 같이 유전체 광필터층(422, 422a, 424, 424a)은 단지 특정 광 대역폭만을 통과시킨다. 도 27E 에 도시된 구체예에서 P+ 층(406, 406a) 위에 놓인 유전체 필터층(422, 422a)은 IR만을 통과시키며 N+ 층(410, 410a) 위에 놓인 유전체 필터층(424, 424a)은 가시광선만을 통과시킨다. 다른 구체예에서 가시광선 필터가 P+ 층상에 침적되고 IR 필터가 N+ 층상에 침적될 경우에 두가지 종류의 층은 역전될 수 있다. 다른 구체예에서 필터(422, 422a) 및 필터(424, 424a)는 다른 부위의 가시광선 또는 적외선 만을 통과시킬 수 있다(즉, 필터(422, 422a)는 단지 녹색광만을 통과시키고 필터(424, 424a)는 단지 적색광만을 통과시킨다).

MMRI-OPSISTER-D 디바이스(401a)는 망막하 공간(82)으로 부터 시력을 자극하는 기능을 한다(도 1 참조). 임플랜트(401a)는 도 27E 에 도시된 바와 같이 물리적으로 분리된 이산 디바이스로 절단될 수 있다. 이 경우에 MMRI-OPSISTER-D 디바이스(401a)는 용해성 쉬이트에 포함되거나 액체 담체를 사용하여 주사함으로써 망막하 공간(도 11 에서 (82)로 표기된)에 놓인다.

도 26 의 커다란 웨이퍼(405)는 0.25 내지 15mm, 특히 0.25 내지 2mm 의 폭(또는 직경)의 더 작은 웨이퍼형 임플랜트(405a)로 쪼개질 수 있다. 임플랜트의 모서리 근처의 층에서 예리한 뱀드에 의해 포개진 신경섬유층의 전달 가능성 감소를 줄이기 위해서 도 28 에 도시된 바와 같이 임플랜트(405a)의 모서리는 둑글다.

하나 이상의 웨이퍼형 임플랜트(405a)는 이후에 내부 망막(66)과 외부 망막(78)사이의 망막하 공간(82)에 이식될 수 있다.

MMRI-OPSISTER-D 유니트(401a)(도 27 에 도시된 것)의 작동을 이해하기 위해서 눈의 정상적인 광수용체 세포의 기능을 고려해야 하며 암 및 명영상이 감지되는 방법을 고려해야 한다. 정상의 망막에서 빛은 광수용체 세포가 더욱 음의 전하를 띠게 하며 빛이 부족하거나 어두운 영상은 광수용체가 덜 음성이 되게 한다. 음의 전하가 더 크면 밝음이 감지됨을 신호를 보내는 관련 2극 세포에 광수용체 세포에 의해 신호가 전달되게 한다. 음의 전하가 적으면 어두움이 감지되는 것을 신호보내는 또 다른 관련 2극 세포에 광수용체 세포에 의해 신호가 전달된다. 상이한 종류의 2극 세포는 2극 세포에 의해 생성된 밝음과 어두움에 대한 아날로그 신호를 뇌에 보내져 시각정보를 처리되는 디지털 신호로 전환하는 신경절 세포와 조합된다.

MMRI-OPSISTER-D(401a)상에 비추는 빛의 우세한 대역폭(예, 가시광선 또는 이의 일부, 즉 녹색광)이 한 전극(420)으로부터 한 극성전류가 발생되게 하며 다른 전극(420a)으로부터 반대극성의 전류가 발생되게 하며, 다른 우세한 대역폭(예, IR 또는 가시광선의 다른 부위, 즉 적색광)은 전극(420, 420a)으로부터 역전된 극성의 전류가 발생되게 한다(가시광선 자극으로부터 전극(420, 420a)의 극성에 비교될 때). 특히, 전형적인 조명 조건에서 상이한 대역폭으로 구성된 빛이 발견된다. 우세한 대역폭에 따라 P+ 또는 N+ 층은 더 큰 빛의 세기를 받으며 다른 것보다 더욱 세게 자극된다. 그러므로, 한 극성의 전류가 한 대역폭이 우세한 조명조건에서 전극(420)으로부터 발생되며, 다른 극성의 전류가 또 다른 대역폭이 우세한 조명 조건에서 전극(420)으로부터 발생된다. 망막하 공간내에서 도 27E 의 MMRI-OPSISTER-D(401a)의 배향에서 빛(430)이 상부로 부터 나온다. 전극(420)은 망막 부위와 직접 접촉하고 있기 때문에 도 11 에 도시된 대로 내부 망막(66) 자극 전극이다. 전극(420)에 반대극성의 전류를 일으키는 전극(420a)은 내부 망막으로부터 면쪽을 향하며 전극(420)으로부터 나오는 전류의 전기적 복귀로서 역할을 한다. 내부망막과 입사광(430)을 향하는 전극(420, 420a)을 갖는 MMRI-OPSISTER-D(401a)는 내부망막에 동일한 자극극성을 일으킨다.

반점 퇴화한 환자에 있어서 광수용체 세포의 광감지 부위가 손상 또는 손실되고 나머지 광수용체만을 남긴다. 도 27E 에 도시된 MMRI-OPSISTER-D(401a)와 같은 디바이스가 MMRI-4(8)와 동일한 위치에 나머지 광수용체 세포(64)와 접촉하게 되면 N+ 표면을 자극할 때 디바이스의 N+ 표면에 의해 생성된 음전하는 나머지 광수용체 세포의 내부에 더 큰 음성을 유도하여 빛을 감지하게 한다. 이 위치에서 더 큰 내부 음성은 빛의 감지를 전달하는 2극 세포에 빛의 감지를 나타내는 신호가 전달되게 한다.

유사하게, 도 27E 에 도시된 MMRI-OPSISTER-D(401a)와 같은 디바이스가 MMRI-4(8)와 동일한 위치에 나머지 광수용체 세포(64)와 접촉하게 되면 N+ 표면에 의해 생성된 음전하는 나머지 광수용체 세포의 내부에 더 적은 음성을 유도하여 빛을 감지하게 한다. 이 위치에서 내부음성이 적으면 어두움의 감지를 전달하는 적절한 2극 세포에 어두움 감지를 나타내는 신호가 전달되게 한다.

연결전극(420, 420a)은 P+ 및 N+ 표면이 동일한 전극을 통해 망막을 자극할 수 있게 한다. 이것은 단지 한 방향으로 흐를 수 있는 전류에 오래 노출되기 때문에 조직 손상 가능성 감소에 중요하다. 그러나, 앞서 기술된 디바이스에 의해 망막하 공간에 흐르도록 유도되고 필요한 전류는 극히 적다. 연결 전극(420, 420a)은 단지 예방차 제공된다. 그러나, 연결전극은 MMRI-OPSISTER-D 디바이스가 망막의 더 적은 면적을 자극할 수 있게 하므로 본 발명의 다른 구체예보다 해상도가 높게 한다.

도 27E 에 도시된 바와 같이 MMRI-OPSISTER-D 디바이스(401a)는 대체로 10마이크론 두께이지만 3 내지 1000마이크론의 두께가 될 수 있다.

도 28 에 도시된 바와 같이 망막하 공간(82)에 이식된 MMRI-OPSISTER-D 디바이스(401a)를 갖는 작은 실리콘 디스크(405a)는 40마이크론 두께이지만 3 내지 1000마이크론의 두께일 수 있다.

발명의 효과

본 발명은 연속하는 낮은 광농도에서 기능을 할 수 있으며 밝고 어두운 세부사항을 더 잘 인식할 수 있도록 질병에 걸린 눈에 미시적 임플랜트를 이식할 수 있는 시스템에 관계한다. 본 발명은 두가지 기본 성분을 가진다

(57) 청구의 범위

청구항 1.

망막 자극 시스템으로서, 이 시스템은,

- 주변 영상(104)을 수신하기 위한 카메라(100),
- 상기 카메라(100)에 연결되어, 주변 영상(104)을 바탕으로 프로그래밍 신호들을 제공하는 컨트롤러(96),
- 상기 컨트롤러(96)에 연결되어, 상기 프로그래밍 신호들을 바탕으로 광 출력을 제공하는 광원(92), 그리고
- 상기 광 출력을 수신하는 망막 임플랜트(8)

를 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 광 출력이 확산 적외선광을 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 광 출력이 주변 영상-기반 적외선 광을 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 광 출력이 주변 영상-기반 가시광을 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 망막 임플랜트(8)가 주변 영상(104)을 수신하도록 만들어지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 망막 임플랜트(8)가 한 개 이상의 마이크로포토다이오드(10a-b)를 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 한 개 이상의 마이크로포토다이오드(10a-b)가 눈의 망막을 자극하도록 만들어지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 컨트롤러(96)는 광 출력의 펄스화(pulsing), 광 출력의 강도, 광 출력의 지속 기간(duration), 그리고 광 출력의 파장 중 한가지 이상을 제어하도록 만들어지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 컨트롤러(96)에 연결되는 환자 입력 장치(102)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 카메라(100)의 방향을 제어하도록 카메라(100)에 동작가능하게 연결되는 동공 추적 장치(98)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 11.

삭제

청구항 12.

제 1 항에 있어서, 카메라(100)와 광원(92)을 수용하기 위한 헤드셋(94)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 헤드셋(94)이 안경형 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 14.

제 1 항에 있어서, 상기 망막 자극 시스템은 광원(92)과 망막 임플랜트(8) 사이에 동작가능하게 배치되는 광학 소자(106)를 추가로 포함하며, 상기 광학 소자(106)는 부분적으로 반사형인 반사 표면을 가지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 광학 소자(106)가 완전히 반사형인 반사경을 가지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 16.

망막 자극 시스템으로서, 이 시스템은,

- 헤드셋(94),
 - 주변 영상(104)을 수신하기 위해 헤드셋(94)에 연결되는 카메라(100),
 - 카메라(100)에 연결되어, 주변 영상(104)을 바탕으로 프로그래밍 신호들을 제공하는 컨트롤러(96),
 - 컨트롤러(96)와 헤드셋(94)에 연결되어, 상기 프로그래밍 신호들을 바탕으로 광 출력을 제공하는 광원(92)
- 을 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 17.

제 16 항에 있어서, 헤드셋(94)으로부터의 광 출력을 수신하도록 만들어지는 망막 임플랜트(8)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 망막 임플랜트(8)가 마이크로포토다이오드(10a-b)를 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 19.

제 18 항에 있어서, 상기 마이크로포토다이오드(10a-b)가 눈의 망막을 자극하도록 만들어지는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 20.

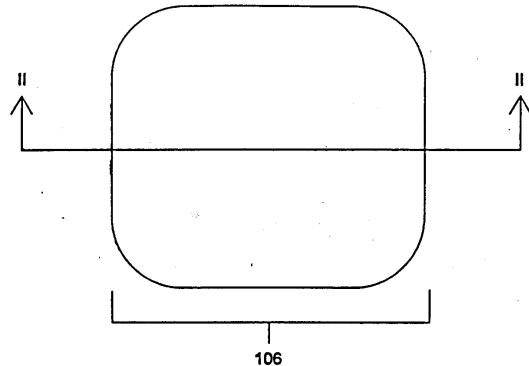
제 16 항에 있어서, 카메라(100)의 방향을 제어하도록 카메라(100)에 동작가능하게 연결되는 동공 추적 장치(98)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

청구항 21.

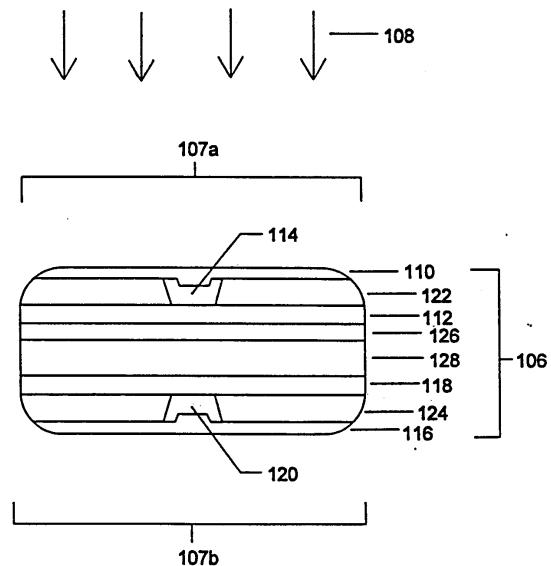
제 16 항에 있어서, 상기 헤드셋(94)이 안경형 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 망막 자극 시스템.

도면

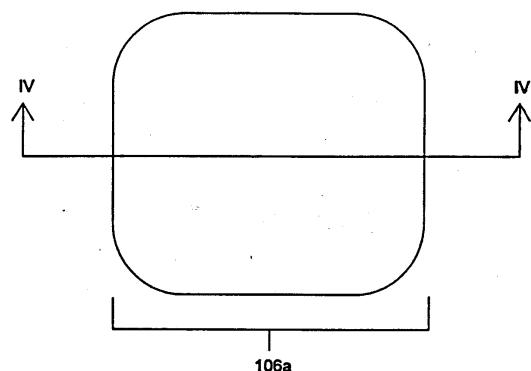
도면 1



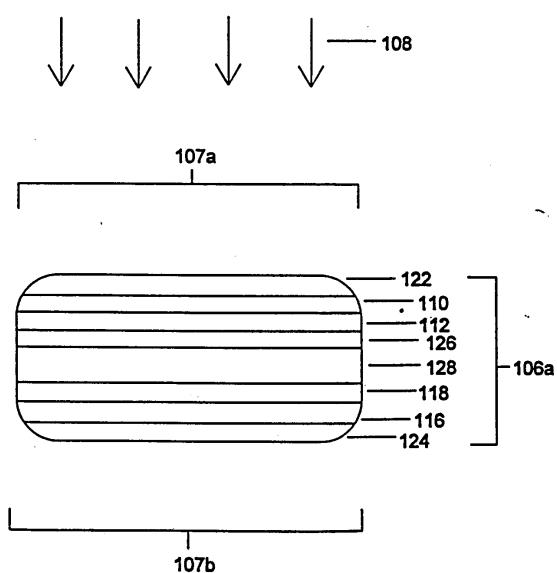
도면2



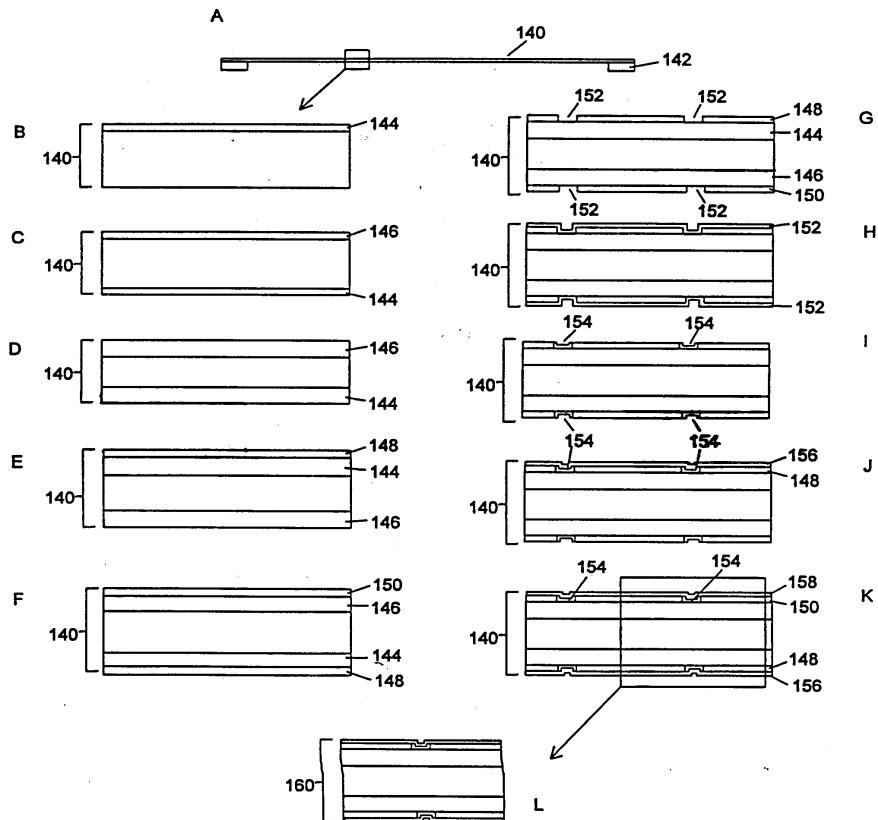
도면3



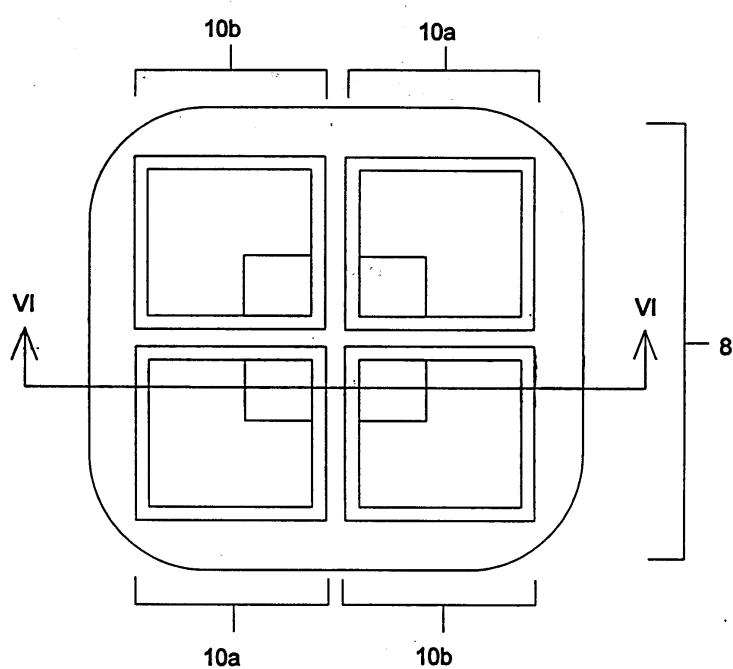
도면4



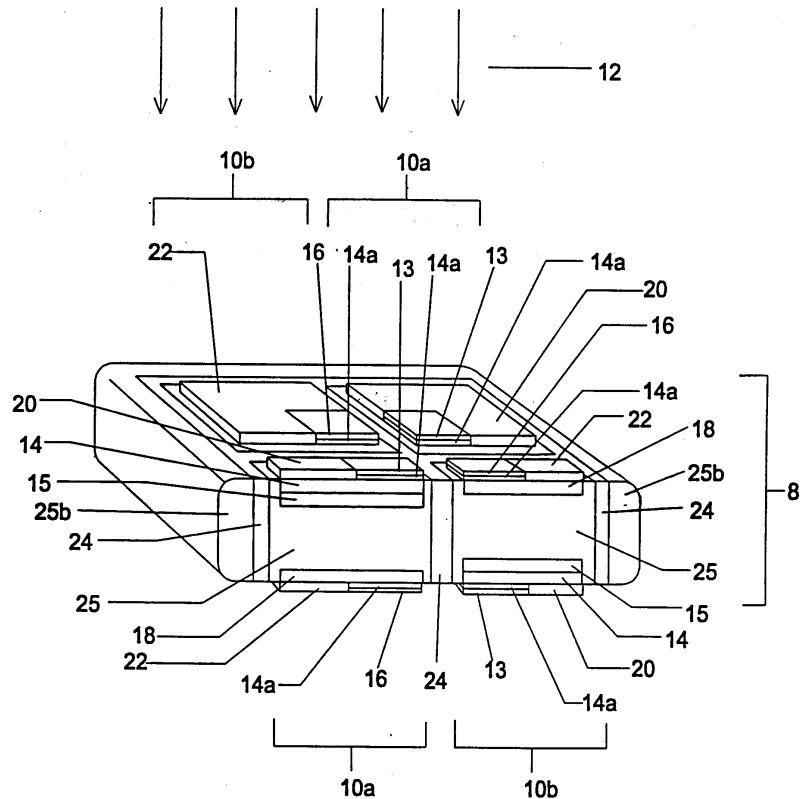
도면5



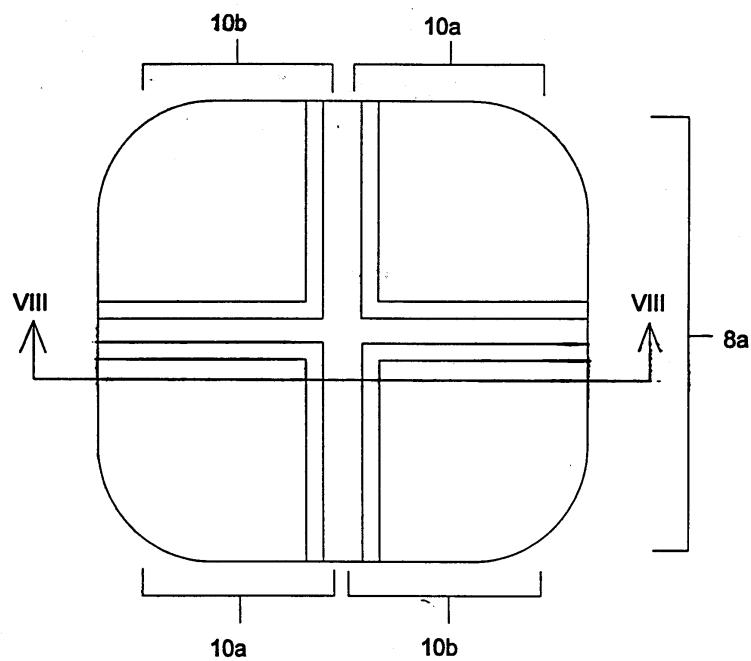
도면6



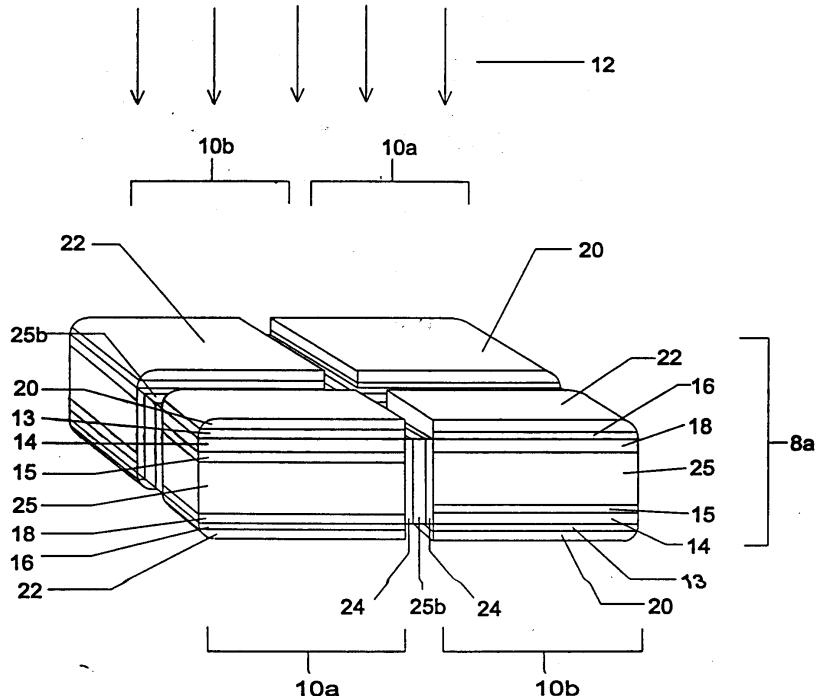
도면7



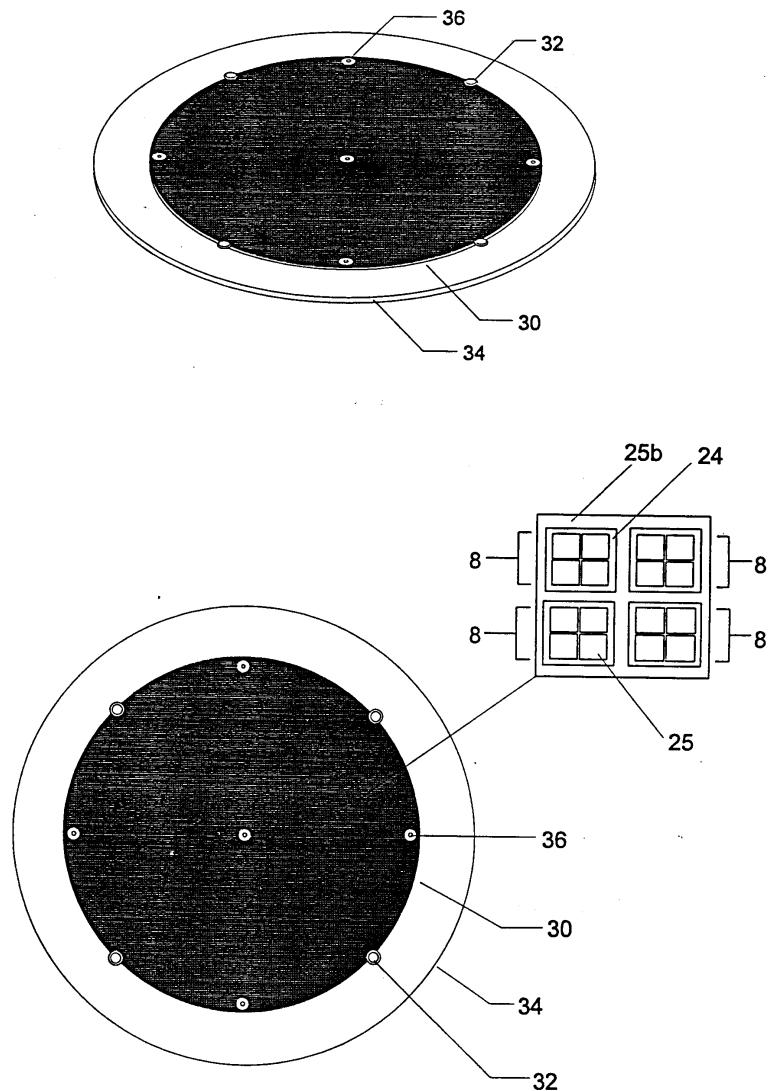
도면8



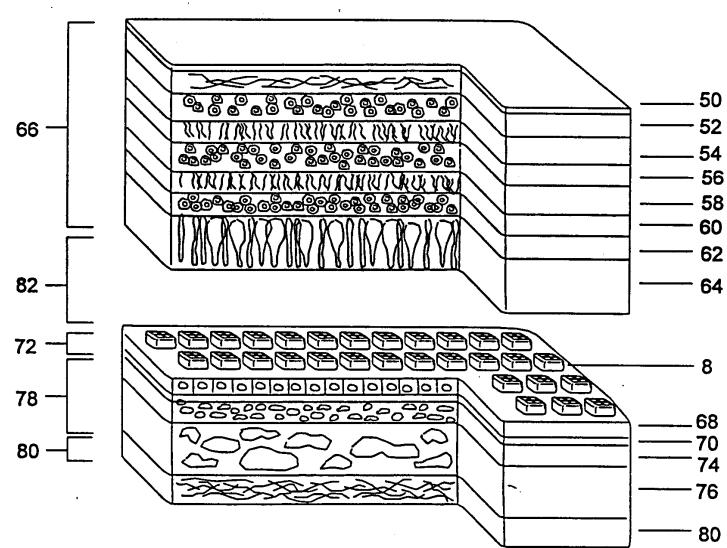
도면9



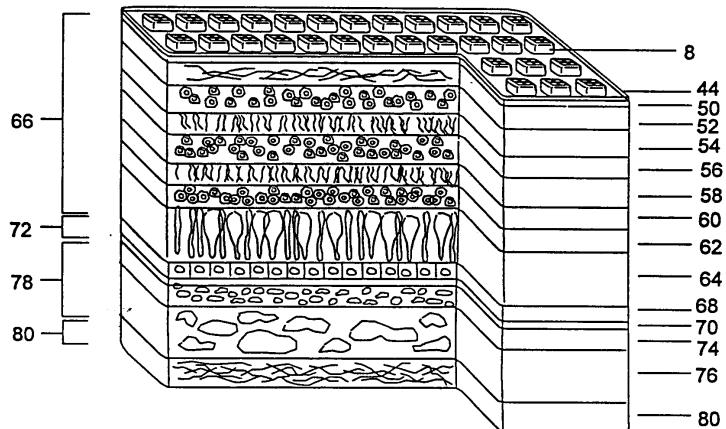
도면10



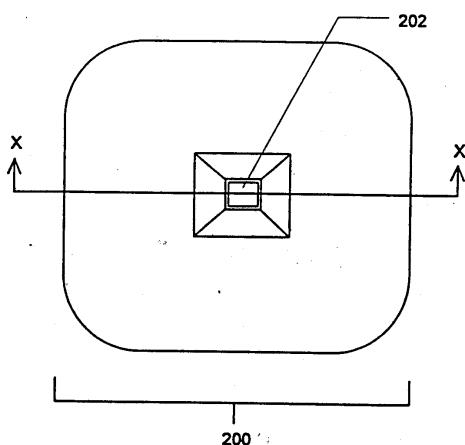
도면11



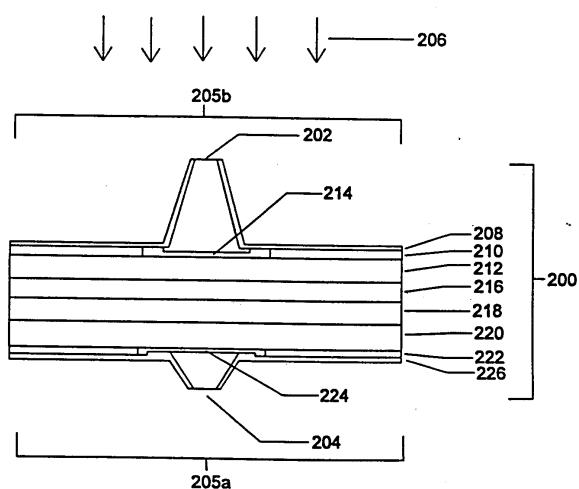
도면12



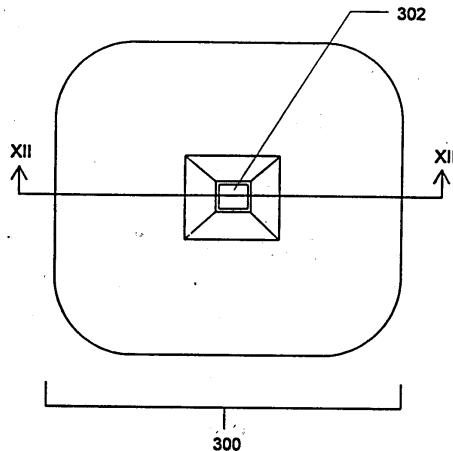
도면13



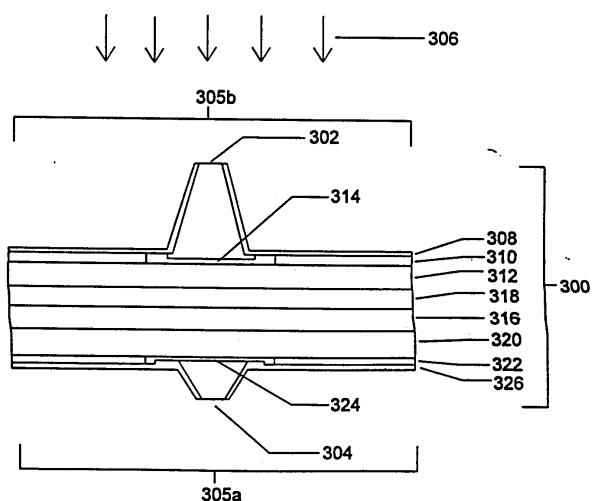
도면14



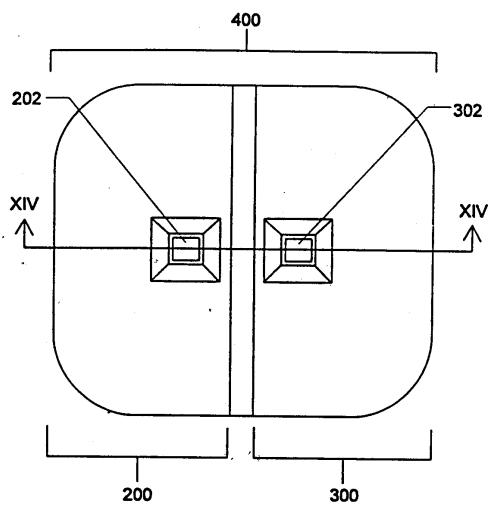
도면15



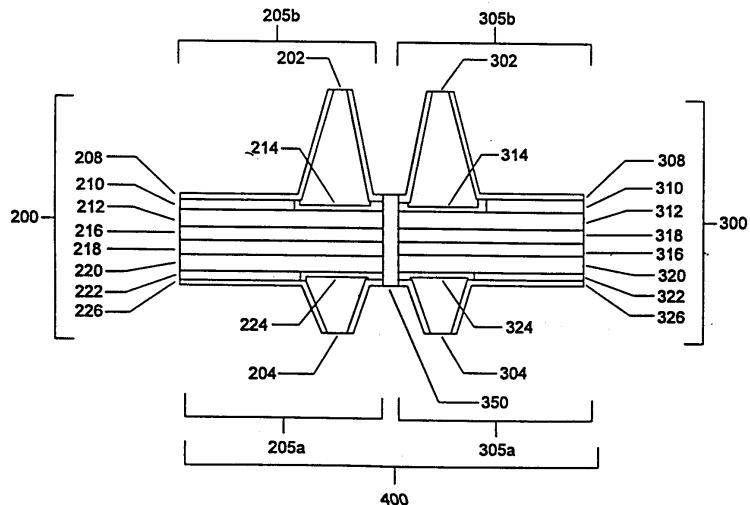
도면16



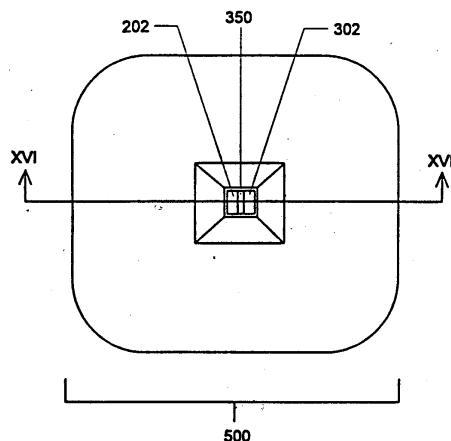
도면17



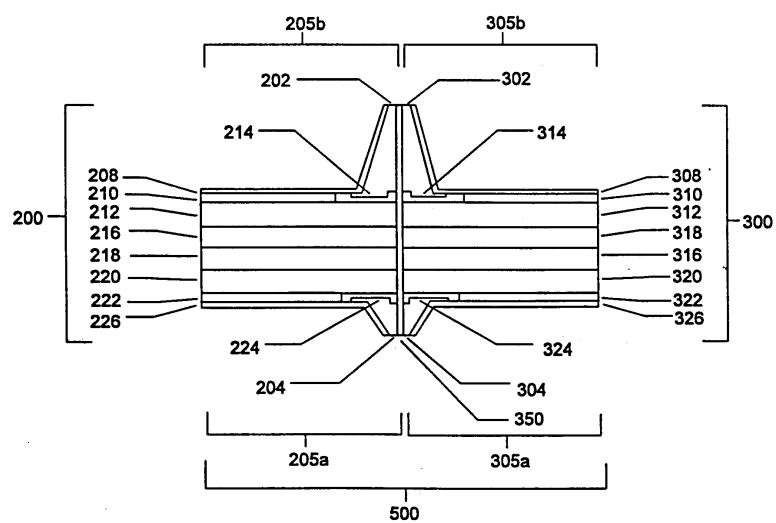
도면18



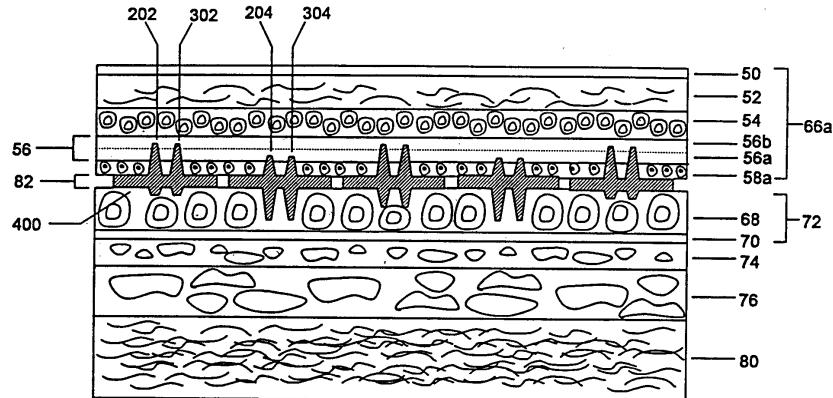
도면19



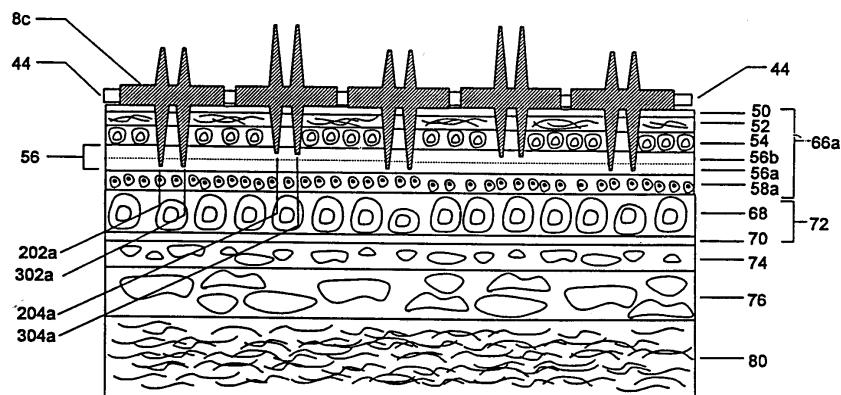
도면20



도면21

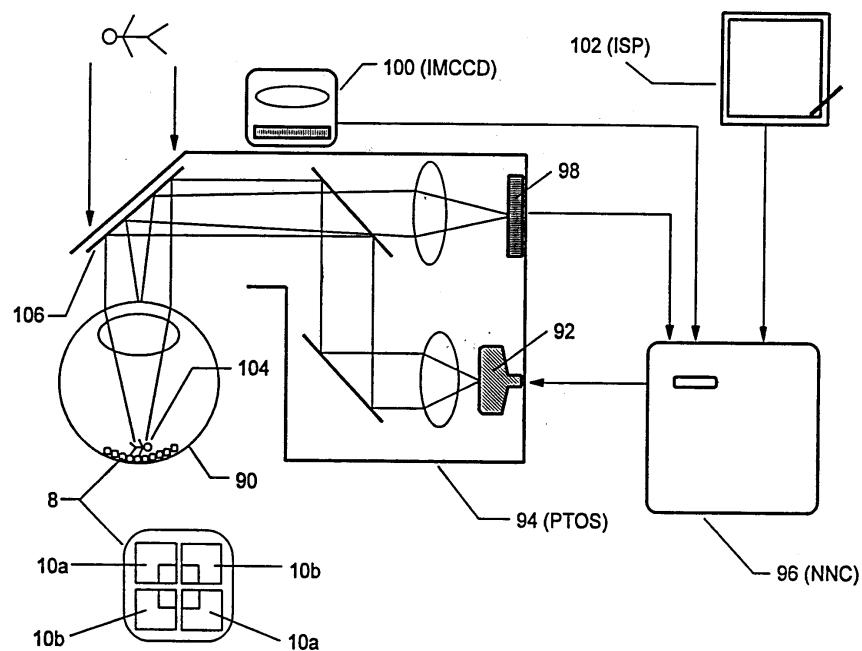


도면22

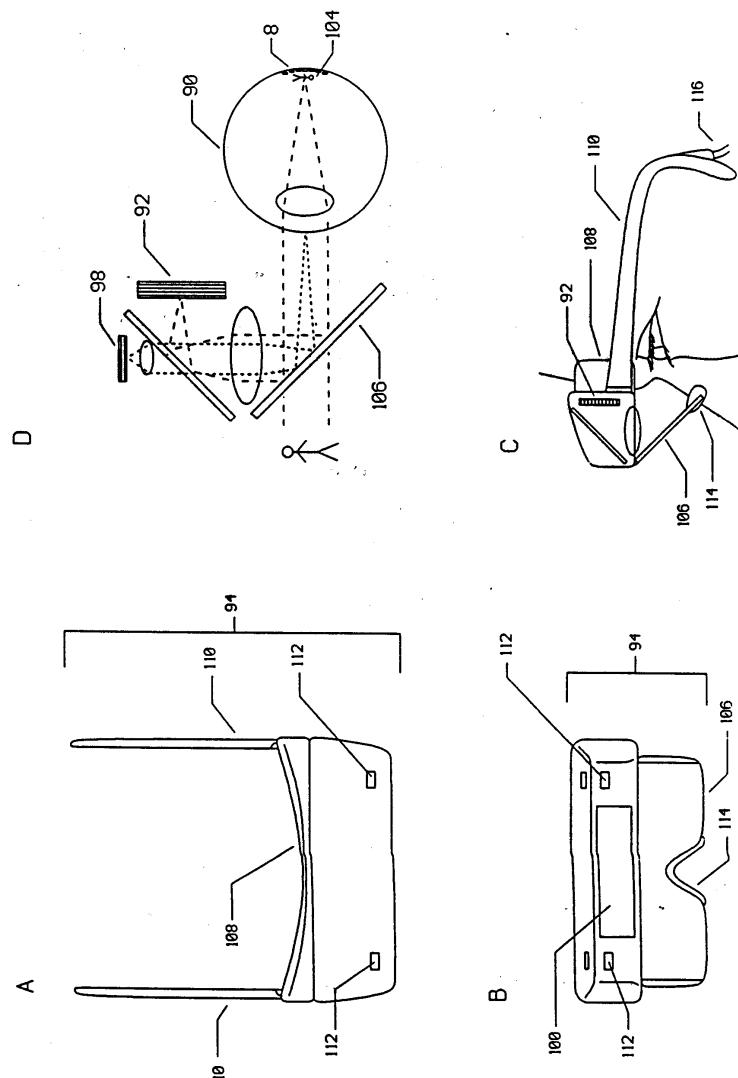


도면23

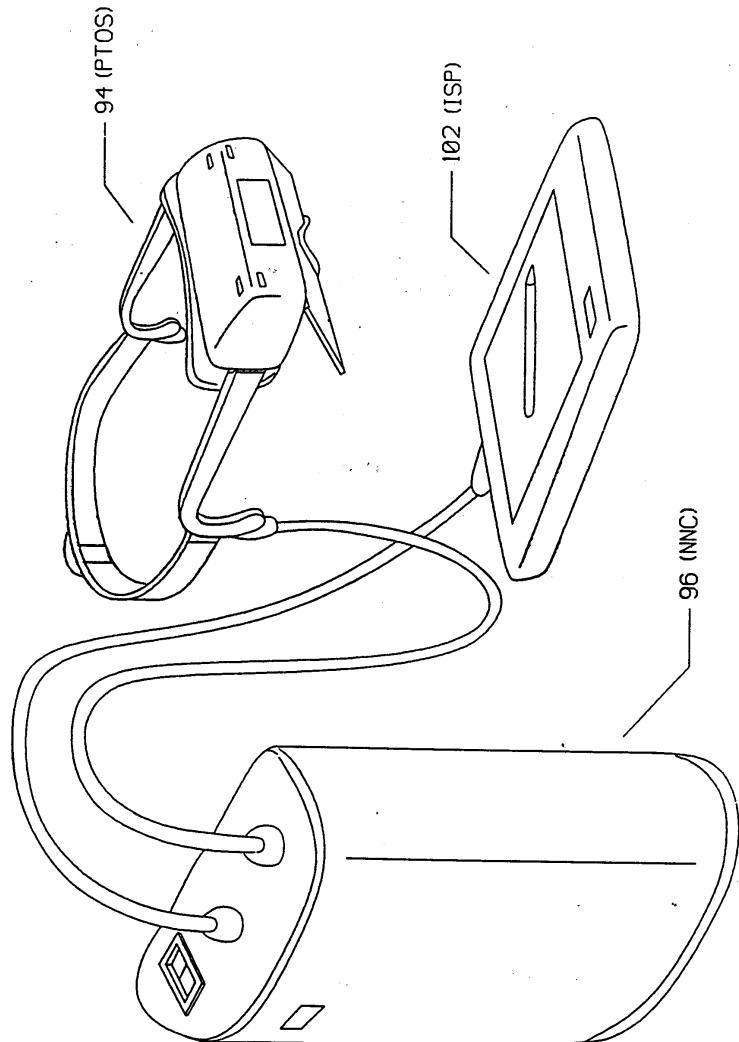
ADAPTIVE IMAGING RETINAL STIMULATION SYSTEM (AIRES)



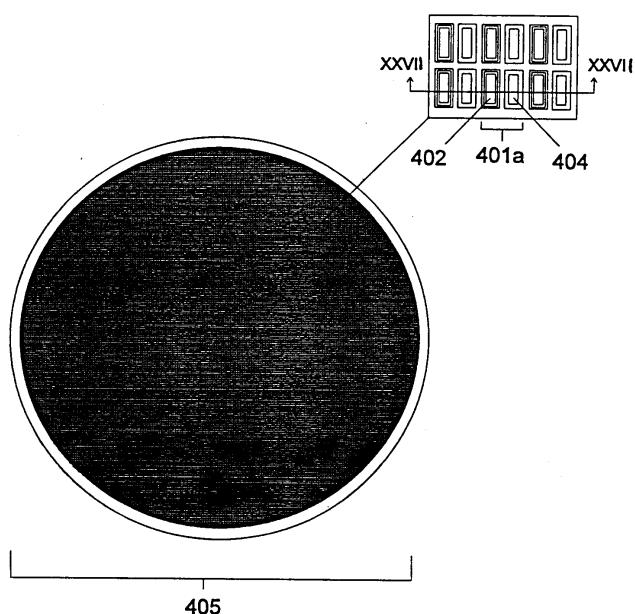
도면24



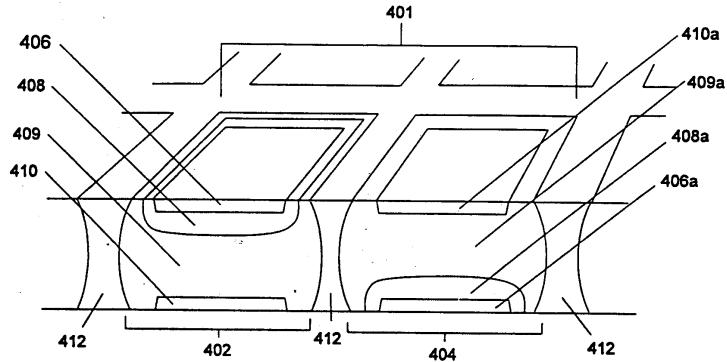
도면25



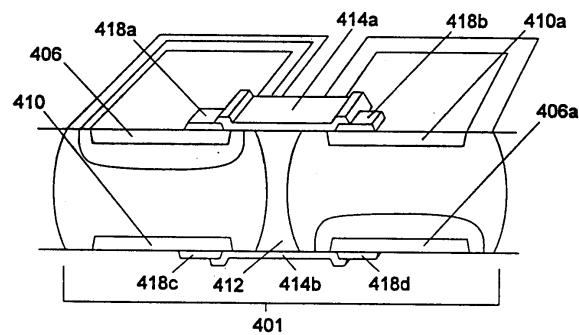
도면26



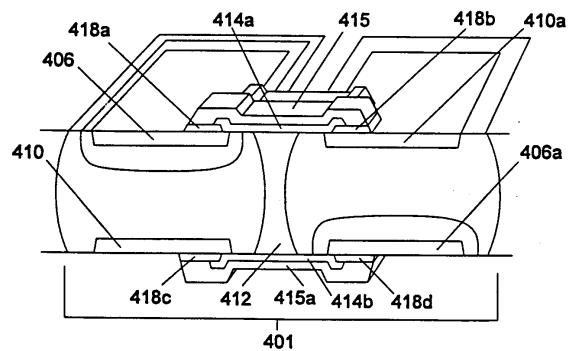
도면27a



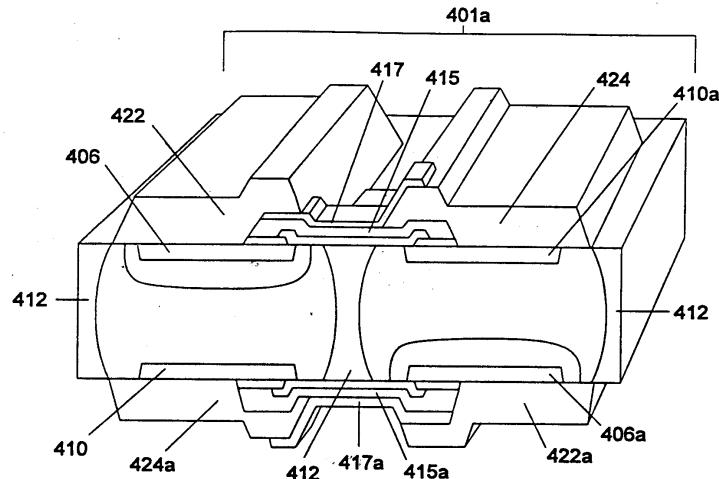
도면27b



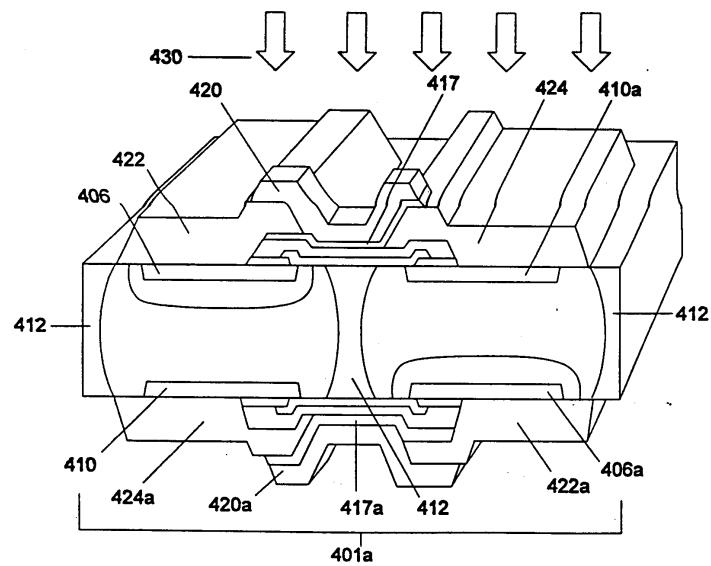
도면27c



도면27d



도면27e



도면28

