



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년03월12일
(11) 등록번호 10-2779384
(24) 등록일자 2025년03월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/05 (2006.01) A61F 2/14 (2025.01)
A61L 27/30 (2006.01) A61L 27/34 (2006.01)
A61N 1/36 (2006.01) A61N 1/378 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 1/0543 (2013.01)
A61F 2/14 (2025.01)
(21) 출원번호 10-2022-0087484
(22) 출원일자 2022년07월15일
심사청구일자 2022년07월15일
(65) 공개번호 10-2024-0010222
(43) 공개일자 2024년01월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020210122633 A

(73) 특허권자
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
임태순
서울특별시 성북구 화랑로14길 5(하월곡동)
송현선
서울특별시 성북구 화랑로14길 5(하월곡동)
(74) 대리인
특허법인 무한

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 18 항

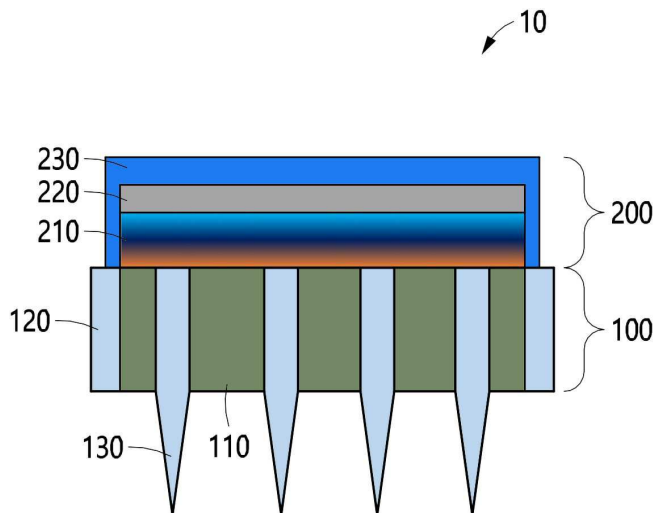
심사관 : 김의태

(54) 발명의 명칭 유기 광전 물질을 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극 및 이를 포함하는 인공 망막 장치

(57) 요약

본 발명은 유기 광전 물질을 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극 및 이를 포함하는 인공 망막 장치에 관한 것으로서, 상기 마이크로니들 어레이 기반의 전극은 유기 광전 물질로서 적외선에서 가장 높은 흡광도를 나타내는 PCE10, 및 ITIC의 혼합물로 코팅하여 우수한 광전효율과 낮은 광독성을 나타낸다. 또한, 상기 전극을 포함하는 인공 망막 장치는 안구 안팎을 연결하는 와이어 연결 없이 빛만으로 전류 발생을 조절할 수 있으므로 광수용체 세포가 망가진 환자의 망막을 자극하여 신경신호를 복구할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61L 27/306 (2013.01)
 A61L 27/34 (2013.01)
 A61N 1/36046 (2013.01)
 A61N 1/3787 (2013.01)
 A61L 2420/06 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020190116848 A
 KR1020180113266 A
 US20210085973 A1
 KR102258884 B1
 KR1020210122634 A
 KR102141048 B1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711161092
과제번호	2020R1C1C1006065
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업, 신진연구지원사업, 우수신진연구
연구과제명	자연스러운 고해상도 인공시각을 위한 고밀도 3차원 마이크로전극 어레이 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국과학기술연구원
연구기간	2020.03.01 ~ 2025.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

복수 개의 마이크로니들이 이격 배치되고, 상기 마이크로니들 사이에 절연체층이 충전되고, 양 말단에 전극기둥을 포함하는 마이크로니들 어레이 구조체; 및

상기 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면에 PCE10(PTB7-Th), 및 ITIC을 포함하는 유기 광전 물질을 혼합하여 형성된 코팅층;

을 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유기 광전 물질은 Y6(BTP-4F)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 코팅층은 PCE10 25 ~ 50 중량부, ITIC 50 ~75 중량부를 혼합하여 형성된 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 코팅층은 PCE10 25 ~ 40 중량부, ITIC 55 ~ 70 중량부, Y6 1 ~ 10 중량부를 혼합하여 형성된 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 절연체층은 유리 리플로우(glass reflow) 기법을 통해 형성된 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 코팅층은 Ti, Al, Ag, 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택되는 어느 하나 이상을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 코팅층은 PDMS(polydimethylsiloxane)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 전극은 마이크로니들의 끝 부분을 산화 이리듐(Iridium oxide, IrOx), 백금 블랙 (Pt Black), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 금속으로 코팅한 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 전극은 마이크로니들 어레이 구조체를 파릴렌(parylene), PDMS, 폴리이미드(polyimide), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 절연 물질로 코팅한 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 마이크로니들은 니들의 높이가 10 ~ 300 μm 이고, 니들의 직경이 5 ~ 200 μm 인 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 마이크로니들 어레이 구조체는 상기 복수 개의 마이크로니들이 50 ~ 500 μm 간격으로 일정하게 이격 배치된 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극.

청구항 12

하기 단계를 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법:

- (1) 웨이퍼를 패터닝하고 식각하는 단계;
- (2) 상기 식각된 웨이퍼에 유리 리플로우(glass reflow)를 수행하는 단계;
- (3) 상기 유리층을 포함하는 웨이퍼를 화학적 물리적 연마(chemical mechanical polishing, CMP)하는 단계;
- (4) 상기 연마된 웨이퍼를 포토마스크(photomask)로 후면 정렬(backside align)하고, 식각하여 마이크로니들 어레이 구조체를 제조하는 단계; 및
- (5) 상기 제조된 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면을 PCE10, 및 ITIC을 포함하는 유기 광전 물질의 혼합물로 코팅하여 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 제조하는 단계.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 유기 광전 물질은 Y6(BTP-4F)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 (1)단계는 딥 반응성 이온 에칭 공정(deep reactive ion etching, DRIE)으로 비등방성 식각하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 (4)단계는 딥 반응성 이온 에칭 공정으로 1차적으로 비등방성 식각하고, 2차적으로 등방성 식각하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 (5)단계는 마이크로니들이 아래쪽으로 가도록 가공 전의 웨이퍼(bare wafer)와 마이크로니들 어레이 구조체를 본딩한 후, 상기 혼합물로 코팅하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법.

청구항 17

제1항의 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 포함하는 인공 망막 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 인공 망막 장치는 적외선으로부터 전류를 생성하여 망막신경세포를 자극하는 것을 특징으로 하는, 인공 망막 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 광전 물질을 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극 및 이를 포함하는 인공 망막 장치 등에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 망막은 각막, 수정체를 통해서 들어온 외부 영상을 전기적 신호로 변환하여 뇌로 전달하는 중요한 신경조직이다. 망막의 넓이는 약 6.25 cm²이며, 망막에는 약 1억개의 광수용체 세포(photoreceptor)가 존재한다. 광수용세포는 신경신호를 양극 세포(bipolar cell)에 전달하고, 신경절 세포(ganglion cell)를 통해 뇌에 전해지게 된다. 뇌는 미세한 전기신호를 해석하여 영상을 파악하며, 사물을 판단하게 된다. 망막은 단위면적당 혈액 공급이 많은 조직 중 하나로, 많은 에너지원이 필요하고 화학작용의 부산물로 생기는 노폐물이 원활

히 제거되어야 한다. 망막혈관 또는 맥락막 혈관에 이상이 생기면 망막에 이상이 발생하여 다양한 질환이 발생하게 된다.

[0004] 망막 질환 중 하나로 망막색소변성증(retinitis pigmentosa, RP)은 망막에 분포하는 광수용체 세포의 기능장애로 인하여 발생하는 진행성 망막변성질환으로, 망막의 광수용체 세포와 망막색소상피가 주된 병소이며 양쪽 눈에 모두 나타나는 것이 특징이다. 망막색소변성증의 유병율은 세계적으로 3500~4000명 중 1명으로 보고되고 있다. 다른 망막질환 중 하나인 노인성 황반변성(age-related macular degeneration, AMD)은 3대 실명질환 중 하나로, 인구의 급속한 노령화로 인하여 최근 유병률이 크게 증가하는 추세이다. 노인성 황반변성 환자들은 망막색소변성증으로 인한 저시력 환자들보다 비교적 단기간에 시력이 악화되는 경우가 많고, 노인성 황반변성 환자들에서 눈으로 인한 실제 생활 장애 정도와 심리적 위축은 다른 질환에 비해 큰 것으로 보고되고 있다.

[0005] 실명한 환자들을 치료하기 위해 최근 유전자 치료, 줄기세포, 약물 치료 등 다양한 치료법들이 시도되고 있다. 그러나 대부분의 실명 환자들은 이미 망막 광수용체 세포층이 손상되어 유전자 치료나 약물 치료 가능 시기가 지난 경우가 대부분이다. 하지만 망막색소변성증과 노인성 황반변성 같은 망막 질환의 경우 망막의 바깥층인 광수용체 세포층만 손상된 것이기 때문에, 광수용체 세포층의 기능을 대체해 준다면 시력 회복 가능성이 존재한다. 따라서, 망막의 바깥쪽 시세포 층이 손상되어 시력을 상실한 환자들의 남아있는 망막 세포를 전기적으로 자극하여 시력을 회복시키는 인공 망막 장치가 새로운 치료법으로 일부 상용화되는 추세이다.

[0006] 인공 망막 장치의 구성은 제조사별로 약간의 차이는 있으나, 망막을 전기적으로 자극하기 위한 마이크로전극 어레이(micro-electrode arrays, MEAs)가 필수적으로 포함되는 것이 일반적이다.

[0007] 현재 인공 망막 장치로 상용화된 제품들은 전류 및 데이터 전달을 위한 전선(wire) 연결을 필요로 하나, 안구 내에 위치하는 소자와 안구 바깥 제어 장치를 전선으로 연결하는 것은 이식 수술 후 합병증 및 부작용을 초래할 수 있다.

[0008] 선행 연구에 따르면, 기존에 전기 자극을 위한 광전 소자 연구에서는 망막의 표면에만 자극을 전달하여 망막 조직 깊은 곳에 존재하는 세포를 효율적으로 자극하기 어려운 평면 구조의 전극이 대부분이며, 광전 소자를 작동하기 위해 조사하는 빛의 파장대가 유기 광전 물질의 흡광 파장대인 600 nm 이하로 생체에 광독성을 끼칠 가능성이 높다. 또한 선행 연구에 사용된 유기 광전 물질은 광전효율 역시 낮은 것으로 보고되었다.

[0009] 이에, 본 발명자들은 PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물을 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극이 광전효율 및 반복 사용 효율이 우수하다는 점을 확인하고 본 발명을 완성하였다.

[0010] 삭제

선행기술문헌

비특허문헌

(비특허문헌 0001) 1 : Laura Ferlauto et al., “Design and validation of a foldable and photovoltaic wide-field epiretinal prosthesis,” , NATURE COMMUNICATIONS | (2018) 9:992

Ⅰ (비특허문헌 0002) 2 : Nag Aurelia Chenais et al., “Photovoltaic retinal prosthesis restores high-resolution responses to single-pixel stimulation in blind retinas,” COMMUNICATIONS MATERIALS |(2021) 2:28

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 상기 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 포함하는 인공 망막 장치를 제공하는 것이

다.

[0014] 그러나 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당해 기술분야의 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 복수 개의 마이크로니들이 이격 배치되고, 상기 마이크로니들 사이에 절연체층이 충전되고, 양 말단에 전극기둥을 포함하는 마이크로니들 어레이 구조체; 및 상기 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면에 PCE10(PTB7-Th), 및 ITIC을 포함하는 유기 광전 물질을 혼합하여 형성된 코팅층을 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 제공한다.

[0017] 본 발명의 일 구현예로서, 상기 유기 광전 물질은 Y6(BTP-4F)을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 코팅층은 PCE10 25 ~ 50 중량부, ITIC 50 ~ 75 중량부를 혼합하여 형성된 것일 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 코팅층은 PCE10 25 ~ 45 중량부, ITIC 50 ~ 70 중량부, Y6 1 ~ 10 중량부를 혼합하여 형성된 것일 수 있으며, 바람직하게는 PCE10 40 중량부, ITIC 57 중량부, Y6 3 중량부를 클로로벤젠에서 12시간 이상 혼합하고 3000 rpm, 45초 동안 스핀코팅하여 형성된 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 마이크로니들 어레이 구조체는 실리콘 웨이퍼(Si wafer)가 식각되어 형성된 것일 수 있다.

[0021] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 절연체층은 유리 리플로우(glass reflow) 기법을 통해 형성된 것일 수 있다. 즉, 절연체층은 유리층일 수 있다.

[0022] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 코팅층은 Ti, Al, Ag, 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 반대 전극을 추가로 포함하는 것일 수 있다. 바람직하게는 가장 생체적합성이 높은 Ti 전극을 추가하는 것일 수 있다.

[0023] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 코팅층은 PDMS(polydimethylsiloxane)를 추가로 포함하는 것일 수 있다.

[0024] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 전극은 마이크로니들의 끝 부분을 산화 이리듐(Iridium oxide, IrOx), 백금 블랙 (Pt Black), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 금속으로 코팅한 것일 수 있으며, 이는 전극의 전도성을 높일 수 있다.

[0025] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 전극은 상기 마이크로니들 어레이 구조체를 파릴렌(parylene), PDMS, 폴리이미드(polyimide), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 절연 물질로 코팅한 것일 수 있다.

[0026] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 마이크로니들은 니들의 높이가 10 ~ 300 μm 일 수 있다. 니들의 높이가 이보다 더 높으면 망막 세포를 뚫고 넘어가 버리고, 이보다 더 낮으면 표면의 신경절 세포층(ganglion cell)을 자극하거나 2차원 전극과의 차이가 거의 없다. 본 발명은 180 μm 정도 깊이의 세포를 자극하고자 하므로, 본 발명의 마이크로니들의 높이는 바람직하게는 160 μm 일 수 있다.

[0027] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 마이크로니들은 니들과 절연체층과 접촉하는 부분을 더한 총 높이가 50 ~ 1000 μm , 바람직하게는 410 μm 일 수 있다.

[0028] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 마이크로니들은 니들의 베이스(base) 직경이 5 ~ 200 μm , 바람직하게는 30 μm 일 수 있다. 니들의 직경이 이보다 더 크면 세포에 물리적인 손상을 줄 뿐만 아니라 국소 범위의 세포만 자극하기가 힘들고, 이보다 더 작으면 망막에 침투 시 바늘이 부러질 가능성이 높다.

[0029] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 마이크로니들 어레이 구조체는 상기 복수 개의 마이크로니들이 50 ~ 500 μm 간격(pitch), 바람직하게는 50 μm 으로 일정하게 이격 배치된 것일 수 있다. 마이크로니들의 간격이 이보다 더 넓으면 망막 자극을 통한 인공 시각 해상도가 떨어지게 되고, 이보다 더 좁으면 각 전극이 자극하는 세포의 범위가 겹쳐서 임의의 부위별 자극이 불가능해지며, 삽입 시 망막 조직이 많이 파괴될 수 있다.

[0030] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 마이크로니들 어레이 구조체는 상기 절연체층의 두께가 10 ~ 300 μm , 바람직하게는 100 μm 일 수 있다. 두께가 이보다 더 두꺼워지면 망막 접촉에 불리하고 마이크로니들의 길이가 짧아지

는 영향이 있을 수 있고, 이보다 더 얇아지면 제작 시 쉽게 부러져 핸들링이 어렵다(도 3).

- [0032] 또한, 본 발명은 하기 단계를 포함하는 마이크로니들 어레이 기반의 전극 제조방법을 제공한다.
- [0033] (1) 웨이퍼를 패터닝하고 식각하는 단계;
- [0034] (2) 상기 식각된 웨이퍼에 유리 리플로우(glass reflow)를 수행하는 단계;
- [0035] (3) 상기 유리층을 포함하는 웨이퍼를 화학적 물리적 연마(chemical mechanical polishing, CMP)하는 단계;
- [0036] (4) 상기 연마된 웨이퍼를 포토마스크(photomask)로 후면 정렬(backside align)하여 패터닝하고 식각하여 마이크로니들 어레이 구조체를 제조하는 단계; 및
- [0037] (5) 상기 제조된 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면을 PCE10, 및 ITIC을 포함하는 유기 광전 물질의 혼합물로 코팅하여 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 제조하는 단계.
- [0038] 본 발명의 일 구현예로서, 상기 유기 광전 물질은 Y6(BTP-4F)을 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0039] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (1)단계는 실리콘 웨이퍼를 포토리소그래피(photolithography)로 패터닝하고, 딥 반응성 이온 에칭 공정(deep reactive ion etching, DRIE)으로 비등방성 식각(anisotropic etching)을 수행하는 것일 수 있다.
- [0040] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (2)단계는 상기 식각된 웨이퍼에 유리를 양극 접합(anodic bonding)한 후, 유리 리플로우(glass reflow)를 수행하는 것일 수 있다.
- [0041] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (4)단계는 딥 반응성 이온 에칭 공정으로 1차적으로 비등방성 식각 후, 2차적으로 등방성 식각을 수행하는 것일 수 있다.
- [0042] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (5)단계는 마이크로니들이 아래쪽으로 가도록 가공 전의 웨이퍼(bare wafer)와 마이크로니들 어레이 구조체를 본딩한 후, 상기 혼합물로 코팅하는 것일 수 있다.
- [0043] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (5)단계는 상기 혼합물로 코팅한 후, 추가로 Ti, Al, Ag, 또는 PDMS(polydimethylsiloxane)를 코팅하는 것일 수 있으며, 바람직하게는 PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물, Ti, 및 PDMS를 차례로 코팅하는 것일 수 있다.
- [0044] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (5)단계는 상기 혼합물로 코팅한 후, 추가로 마이크로니들의 끝 부분을 산화 이리듐(Iridium oxide, IrOx), 백금 블랙 (Pt Black), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 금속으로 코팅하는 것일 수 있다.
- [0045] 본 발명의 다른 구현예로서, 상기 (5)단계는 상기 혼합물로 코팅한 후, 추가로 마이크로니들 어레이 구조체를 파릴렌(parylene), PDMS, 폴리이미드(polyimide), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 절연 물질로 코팅하는 것일 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명은 상기 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 포함하는 인공 망막 장치를 제공한다.
- [0047] 본 발명의 일 구현예로서, 상기 인공 망막 장치는 적외선으로부터 전류를 생성하여 망막신경세포, 바람직하게는 양극 세포층을 자극하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0049] 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극, 및 이를 포함하는 인공 망막 장치는 안구 안팎을 연결하는 와이어 연결 없이 빛만으로 전류 발생을 조절하여 광수용체 세포가 망가진 환자의 망막을 자극하여 신경신호를 복구할 수 있다.
- [0050] 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극, 및 이를 포함하는 인공 망막 장치는 PCE10, 및 ITIC의 혼합물을 유기 광전 물질로 포함하여 우수한 광전효율을 나타낸다.
- [0051] 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극, 및 이를 포함하는 인공 망막 장치는 적외선에서 가장 높은 흡광도를 나타내는 유기 광전 물질을 사용하여 생체 내 광독성 위험이 낮다.
- [0052] 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극, 및 이를 포함하는 인공 망막 장치는 각 마이크로니들이 독립된 전극으로 작동하도록 절연체층으로 분리하여 집적 소자로서 활용이 가능하다.

[0053] 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극, 및 이를 포함하는 인공 망막 장치의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0055] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법을 도식화한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 높이, 직경, 두께 등을 나타낸 것이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 포함하는 인공 망막 장치를 나타낸 것이다. 도 4a는 광수용체 세포층, 양극 세포층, 및 신경절 세포층을 포함하는 망막의 구조를 나타낸 것이고, 도 4b는 본 발명의 전극의 망막 내 삽입 위치를 나타낸 것이다.
- 도 5는 유기 광전 물질로 PCE10 단독을 이용했을 때(비교예)와 비교하여, PCE10 및 ITIC의 혼합물(실시예 1), PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물을 이용했을 때(실시예 2)의 광전효율을 나타낸 것이다. 도 5a는 비교예, 도 5b는 실시예 1, 도 5c는 실시예 2의 광전류(photocurrent) 및 광전압(photovoltage)을 나타낸 것이다.
- 도 6은 유기 광전 물질로 종래에 이용되는 P3HT와 비교하여 PCE10을 이용했을 때의 광전효율을 비교하기 위한 전기적 아티팩트(electrical artifact)의 결과를 나타낸 것이다.
- 도 7은 유기 광전 물질로 PCE10 단독을 이용했을 때(비교예)와 비교하여, PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물을 이용했을 때(실시예)의 광전 성능을 나타낸 것이다. 도 7a는 패치 클램핑(patch clamping) 기법을 나타낸 것이고, 도 7b는 상기 기법을 적용하기 위한 실시예와 비교예를 나타낸 것이고, 도 7c는 패치 클램핑 기법으로 측정된 전기적 아티팩트(electrical artifact)의 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0056] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.
- [0057] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안 된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0058] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0059] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0060] 또한, 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제1, 제2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0061] 어느 하나의 실시예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시예에 기재한 설명은 다른 실시예에

도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0063] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 나타낸 도면이다.

[0064] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극(10)은 마이크로니들 어레이 구조체(100); 및 코팅층(200)을 포함할 수 있으며, 상기 마이크로니들 어레이 구조체는 복수 개의 마이크로니들(130)이 이격 배치되고, 상기 마이크로니들 사이에 절연체층(110)이 충전되고, 양 말단에 전극기둥(120)을 포함하는 것일 수 있다. 상기 코팅층은 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면에 PCE10, 및 ITIC을 포함하는 유기 광전 물질, 바람직하게는 PCE10, ITIC, 및 Y6을 포함하는 유기 광전 물질을 혼합하여 형성한 유기 광전 물질층(210)을 포함할 수 있다. 추가적으로 유기 광전 물질에서 발생한 전자와 정공이 각각 분리되어 효율적으로 이동할 수 있도록 반대쪽 전극으로서 Ti층(220)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 유기 광전 물질층을 보호하기 위해 PDMS층(Polydimethylsiloxane, 230)을 포함할 수 있다.

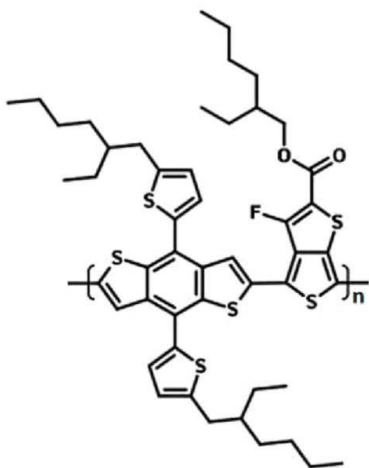
[0065] 본 발명에서 “마이크로니들(microneedle)”은 수백 마이크로미터(μm) 크기의 미세바늘을 의미하며, 본 발명의 마이크로니들의 높이는 10 ~ 300 μm , 바람직하게는 160 μm 이고, 직경은 5 ~ 200 μm , 바람직하게는 30 μm 일 수 있다.

[0066] 본 발명에서 “절연체층(insulator)”은 전류가 흐르지 않는 물질로 이루어진 층을 의미하며, 본 발명의 마이크로니들이 각각 독립된 전극으로 작동하도록 분리하는 역할을 한다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 절연체층은 유리층(glass)일 수 있으며, 웨이퍼(wafer)에 유리 리플로우(glass reflow) 공정을 수행하여 형성될 수 있다.

[0067] 본 발명에서 “유기 광전 물질(organic photovoltaic substance)”은 빛을 흡수하여 전류를 발생시키는 유기물을 의미하며, 본 발명의 전극은 유기 광전 물질로 PCE10, ITIC, 및 Y6을 이용할 수 있다.

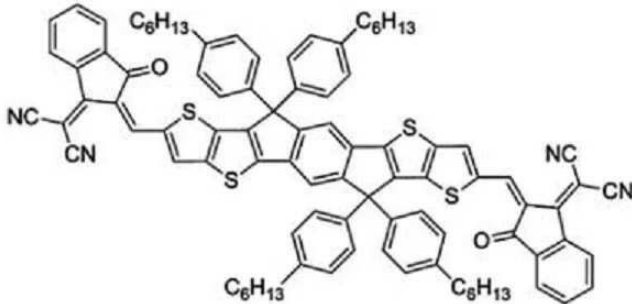
[0068] 상기 “PCE10”은 하기 [화학식 1]의 구조로, Poly[4,8-bis(5-(2-ethylhexyl)thiophen-2-yl)benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl-alt-(4-(2-ethylhexyl)-3-fluorothieno[3,4-b]thiophene)-2-carboxylate-2-6-diyl)], PTB7-Th라고도 하며, 650 ~ 850, 바람직하게는 698 nm의 파장에서 최대 흡광도를 나타낸다. 광전 물질로 자주 이용되는 P3HT(Poly(3-hexylthiophene))와 비교하여 PCE10의 광전효율이 2배 이상 효율이 높은 것으로 확인되었다(도 6).

[0069] [화학식 1]



[0070] 상기 “ITIC”은 하기 [화학식 2]의 구조로, 3,9-bis(2-methylene-(3-(1,1-dicyanomethylene)-indanone))-5,5,11,11-tetrakis(4-hexylphenyl)-dithieno[2,3-d':3'-d']-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiophene라고도 하고도 하며, 600 ~ 800 nm의 파장에서 최대 흡광도를 나타낸다.

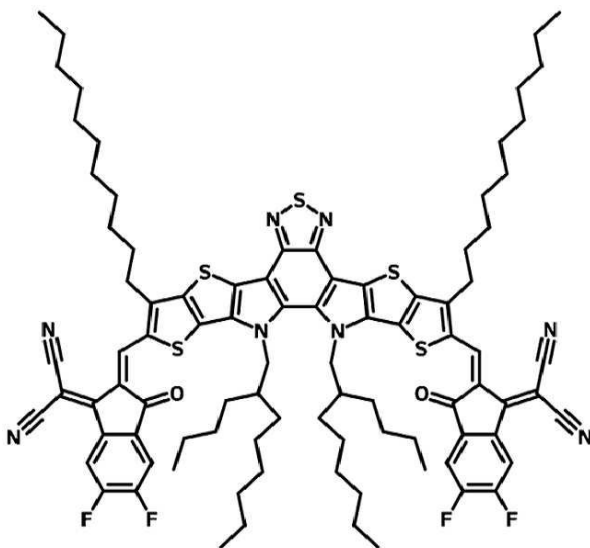
[0072] [화학식 2]



[0073]

[0074] 상기 “Y6” 는 하기 [화학식 3]의 구조로, 2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-ethylhexyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2',3':4',5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-difluoro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylylidene))dimalononitrile, BTP-4F라고도 하며, 700 ~ 900 nm의 파장에서 최대 흡광도를 나타낸다.

[0075] [화학식 3]



[0076]

[0077] 본 발명의 유기 광전 물질은 적외선에서 가장 높은 흡광도를 나타내므로, 이를 포함하는 본 발명의 마이크로니들 어레이 기반의 전극은 생체 내 광독성 위험이 낮다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극은 PCE10 25 ~ 50 중량부, ITIC 50 ~ 75 중량부일 수 있다.

[0079] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극은 PCE10 25 ~ 45 중량부, ITIC 50 ~ 70 중량부, Y6 1 ~ 10 중량부, 바람직하게는 PCE10 40 중량부, ITIC 57 중량부, Y6 3 중량부를 클로로벤젠에서 12시간 이상 혼합한 후, 3000 rpm, 45초 동안 스핀코팅하여 형성된 유기 광전 물질층(210)을 코팅층(200)으로 포함할 수 있다. 구체적인 조성은 하기 표 1과 같다.

표 1

PCE10 : ITIC : Y6	22.5 mg/ml	100%
PCE10	8 mg	40%
ITIC	11.4 mg	57%
Y6	0.6 mg	3%
Chlorobenzene	1 ml	solvent

[0080]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극 제조방법을 나타낸 도면이다.

[0083]

본 발명의 전극 제조방법은 (1) 웨이퍼를 패터닝하고 식각하는 단계; (2) 상기 식각된 웨이퍼에 유리 리플로우(glass reflow)를 수행하는 단계; (3) 상기 유리를 포함하는 웨이퍼를 화학적 물리적 연마(chemical mechanical polishing, CMP)하는 단계; (4) 상기 연마된 웨이퍼를 후면 정렬(backside align)하고, 포토마스크(photomask)로 식각하여 마이크로니들 어레이 구조체를 제조하는 단계; 및 (5) 상기 제조된 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면을 PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물로 코팅하여 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 제조하는 단계를 포함한다.

[0084]

이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극의 제조방법을 단계별로 순차적으로 설명하도록 한다.

[0085]

(1) 먼저, 525 μm의 높은 농도로 도핑된(heavily doped) 실리콘 웨이퍼(Si wafer)를 준비한다(도 2a). 실리콘 웨이퍼를 포토리소그래피(photolithography)로 패터닝하고, 딥 반응성 이온 에칭 공정(deep reactive ion etching, DRIE)으로 비등방성 식각을 수행한다(도 2b).

[0086]

(2) 상기 식각된 웨이퍼에 유리를 양극 접합(anodic bonding)한 후, 유리 리플로우(glass reflow)를 수행하여 절연체층(110)을 형성한다(도 2c).

[0087]

(3) 상기 절연체층, 즉 유리층을 포함하는 웨이퍼를 화학적 물리적 연마(chemical mechanical polishing, CMP)하여, 마이크로니들의 전구체와 양 말단의 전극기둥(120)을 형성한다(도 2d).

[0088]

(4) 상기 연마된 웨이퍼를 포토마스크(photomask)를 이용하여 후면 정렬(backside align)하고 패터닝한 뒤, 딥 반응성 이온 에칭 공정으로 1차적으로 비등방성 식각 후, 2차적으로 등방성 식각을 수행하여 이격 배치된 복수 개의 마이크로니들(130)을 포함하는 마이크로니들 어레이 구조체(100)을 제조한다(도 2e).

[0089]

(5) 상기 제조된 마이크로니들 어레이 구조체를 마이크로니들이 아래쪽으로 가도록 가공 전의 웨이퍼(bare wafer)와 크리스탈 본드(crystal bond) 또는 포토레지스트(photoresist) 등을 이용하여 본딩한다(도 2f). 상기 마이크로니들 어레이 구조체의 평평한 면을 PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물로 스핀코팅(spin-coating)하여 코팅층(200)을 형성한다(도 2g). 상기 코팅층에 추가로 Ti를 증착한다(도 2h). 추가적으로 PDMS를 처리하여 코팅층을 보호한다(도 2i). 가공 전의 웨이퍼로부터 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 수득한다(도 2j). 전도성을 높이기 위해 마이크로니들의 끝 부분을 산화 이리듐(Iridium Oxide, IrOx)로 코팅하고, 코팅층을 제외한 마이크로니들 어레이 기반의 전극, 즉 마이크로니들 어레이 구조체를 파릴렌(parylene) 등의 절연막으로 코팅한다(도 2k).

[0091]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 망막 내 삽입 위치를 나타낸 예시도이다.

[0092]

본 발명에서, “망막(retina)”는 광수용체 세포층(photoreceptor), 양극 세포층(bipolar cell), 및 신경절 세포층(ganglion cell)을 포함하며, 본 발명의 마이크로니들 어레이 기반의 전극은 망막으로 투사되는 외부의 시각 정보에 응답하여 망막신경세포를 자극하여 시력을 회복시킬 수 있다. 따라서, 망막의 바깥쪽 시세포 층인 광수용체 세포층이 손상된 환자들을 치료하는데 활용될 수 있다.

[0093]

구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극을 포함하는 인공 망막 장치는 눈 안에 있는 망막의 위쪽에 삽입(epiretinal implant)되거나, 망막 내 또는 망막 아래에 삽입(subretinal implant)되거나, 맥락막 위쪽에 삽입(suprachoroidal implant)될 수 있으며, 빛, 바람직하게는 적외선을 받은 영역에서 생성된 전류로 제한된 부위의 시신경세포인 양극 세포층을 자극하고, 전기자극을 받은 세포가 생성한 신경신호가 정상인의 시각회로처럼 뇌에 전달되어 시각을 회복시킬 수 있다.

[0095]

실험예 1. 유기 광전 물질의 종류에 따른 광전 소자 효율 측정 결과

[0096]

유기 광전 물질의 종류에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 광전변환효율을 비교하기 위해 direct

contact I-V measurement 장비를 이용하였다. 이는 전극에 직접적으로 흐르는 전류를 측정하는 기법으로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극에 100 mW/cm^2 의 빛을 조사한 후, I-V curve를 확보하였다. 각 전극 제조 시 이용한 유기 광전 물질은 하기 표 2와 같다.

표 2

[0097]	유기 광전 물질의 개수	유기 광전 물질의 종류	비율	광전류 (mA/cm^2)	광전압 (V)
비교예	1	PCE10		0.117	0.045
실시예 1	2	PCE10:ITIC	1:1.5	12.938	0.423
실시예 2	3	PCE10:ITIC:Y6	1:1.425:0.15	14.045	0.383

[0098] 그 결과, 단일 물질에 비해 2개 이상의 유기 광전 물질을 혼합하였을 때 광전류(photocurrent)와 광전압(photovoltage)이 모두 상승하였다. 특히 PCE10 및 ITIC의 혼합물은 단일 물질에 비해 광전압이 9.4배 더 높았고, PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물은 광전류가 단일 물질에 비해 약 120배, PCE10 및 ITIC의 혼합물에 비해 약 1.1배 더 높게 측정되었다.

[0099] 즉, 본 발명의 마이크로니들 어레이 기반의 전극은 2개 이상의 유기 광전 물질(PCE10, ITIC 등)의 혼합물을 사용하여 우수한 광전효율을 가진다는 점을 확인하였다.

[0101] **실험예 2. 유기 광전 물질의 종류에 따른 패치 클램핑 결과**

[0102] 유기 광전 물질의 종류에 따른 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 세포로 전해지는 신경신호를 측정하기 위해 패치 클램핑(patch clamping) 기법을 수행하였다. 이는 전극을 포함하는 소자가 안구에서 작동할 것을 대비하여 유사한 환경을 조성하여 광전 성능을 평가하는 기법이다.

[0103] 먼저, ITO/glass 위에 유기 광전 물질을 얹고 금(Au) 전극을 깔아 소자 샘플을 제작하였다(도 7b). 금 전극의 일부를 제외하고 나머지 부분을 PDMS로 덮었다. 소자 위에 Ames' medium이 담긴 수조를 형성하고 노출된 소자의 금 전극 위에 패치 전극(patch electrode)을 최대한 가까이 약 $10 \mu\text{m}$ 거리로 가까이 가져갔다. 이 때, 전극을 감싸고 있는 피펫(pipette)이 부러지지 않도록 접촉하지 않을 정도로 접근시켰다. 이후, 빛을 조사하면서 빛에 반응하여 소자가 수조 안에 생성하는 전류를 측정하였다(도 7a).

[0105] 상술한 기법에 따라 종래 광전 물질로 자주 이용되는 P3HT과 비교하여 본 발명에서 광전물질로 이용하는 PCE10의 광전 효율을 비교한 결과, PCE10이 P3HT와 비교하여 약 2배 이상의 높은 수치를 나타내었다(도 6).

[0106] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 표 1과 같이 제조한 PCE10, ITIC, 및 Y6의 혼합물을 유기 광전 물질로 이용하는 경우(실시예)의 광전 효율을 PCE10을 단독으로 광전 물질로 이용하는 경우(비교예)의 광전 효율과 비교한 결과, 실시예가 비교예에 비해 2.5배 이상 더 높은 광전효율을 나타냈으며(도 7c), 이는 본 발명의 마이크로니들 어레이 기반의 전극이 적은 빛으로도 충분한 전기 자극을 주어 인공 망막 장치로서 우수하게 활용될 수 있음을 시사한다.

[0108] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0109] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

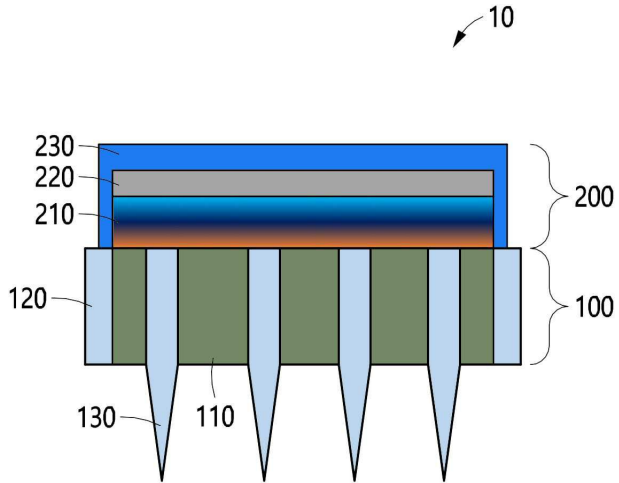
부호의 설명

- [0111] 10 : 마이크로니들 어레이 기반의 전극
- 100 : 마이크로니들 어레이 구조체
- 110 : 절연체층
- 120 : 전극기둥

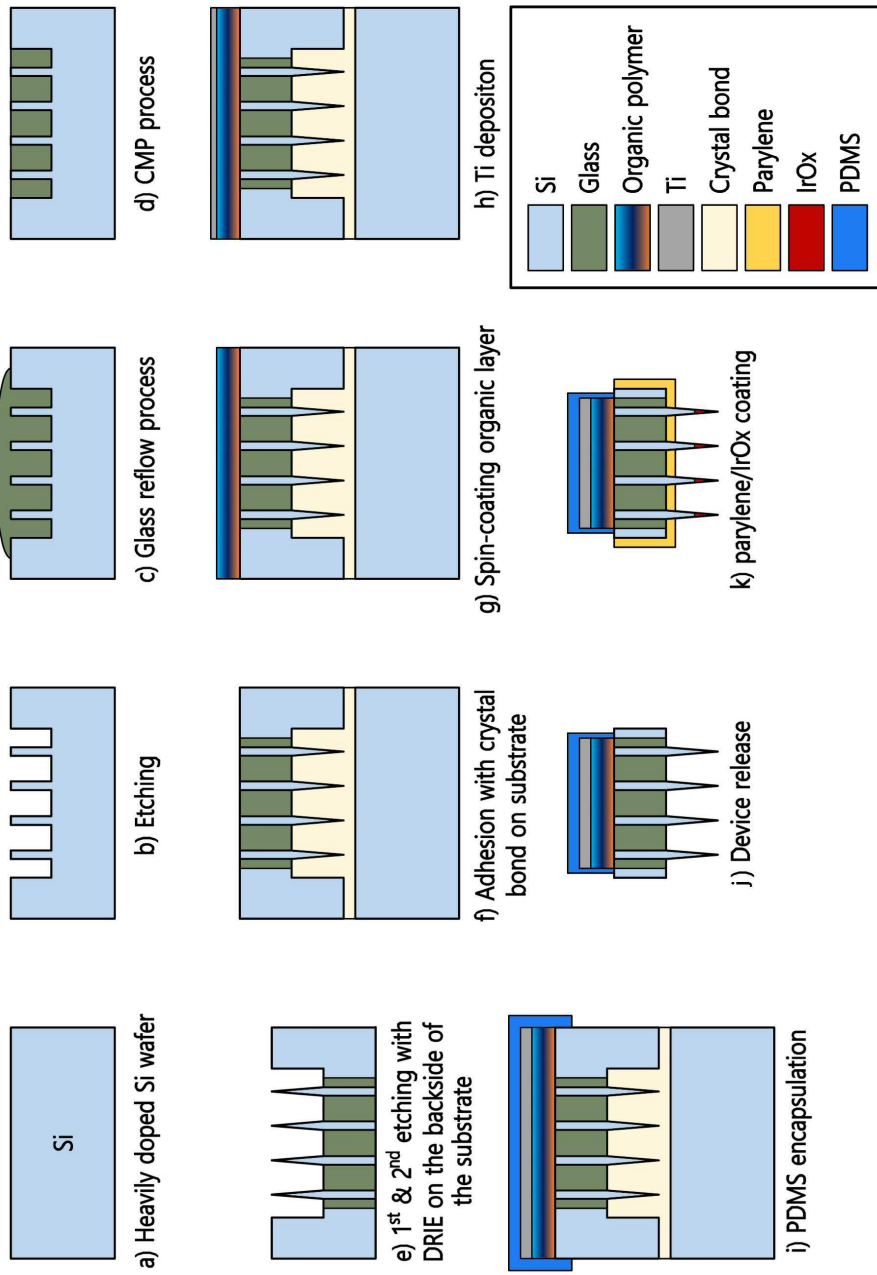
- 130 : 마이크로니들
- 200 : 코팅층
- 210 : 유기 광전 물질층
- 220 : Ti층
- 230 : PDMS층

도면

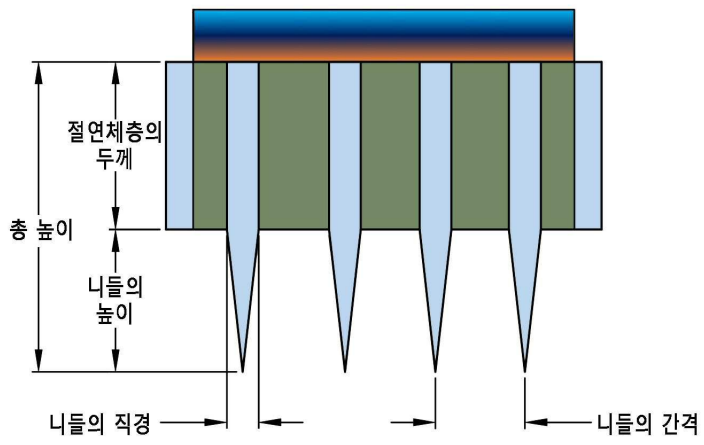
도면1



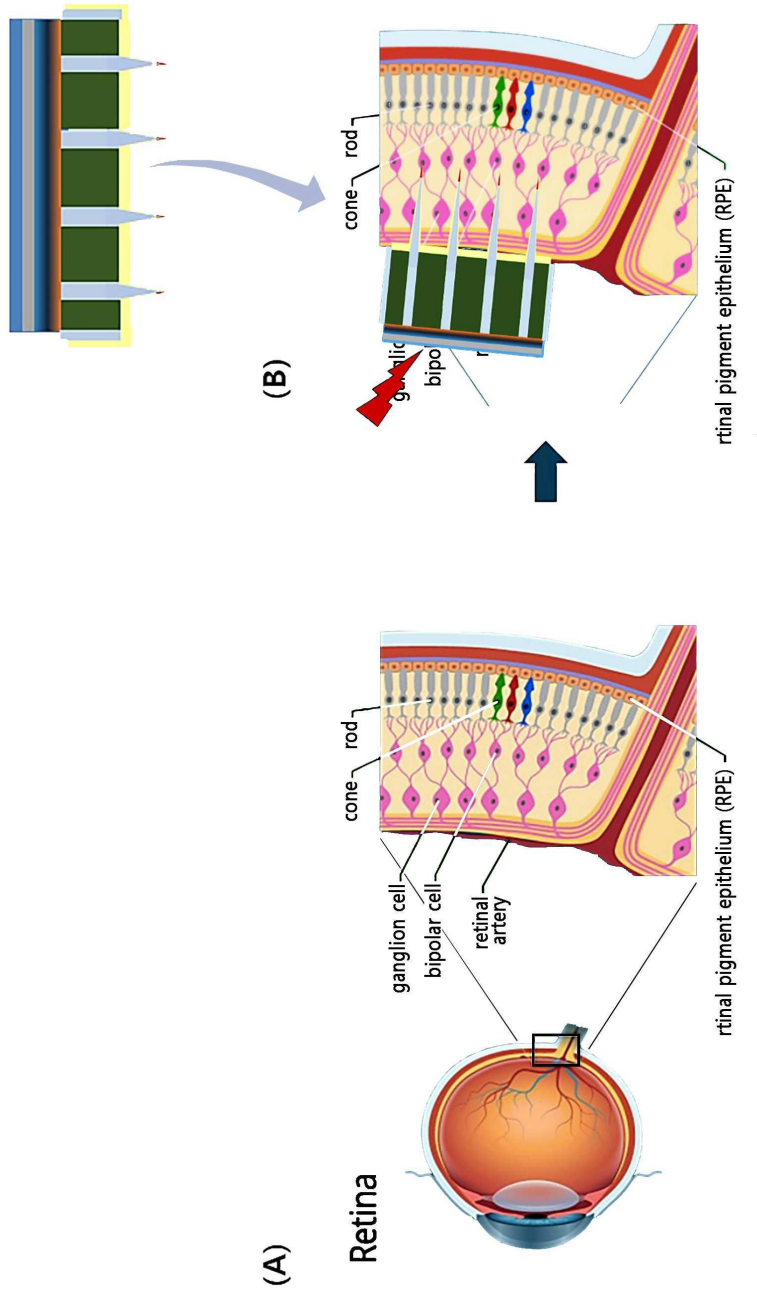
도면2



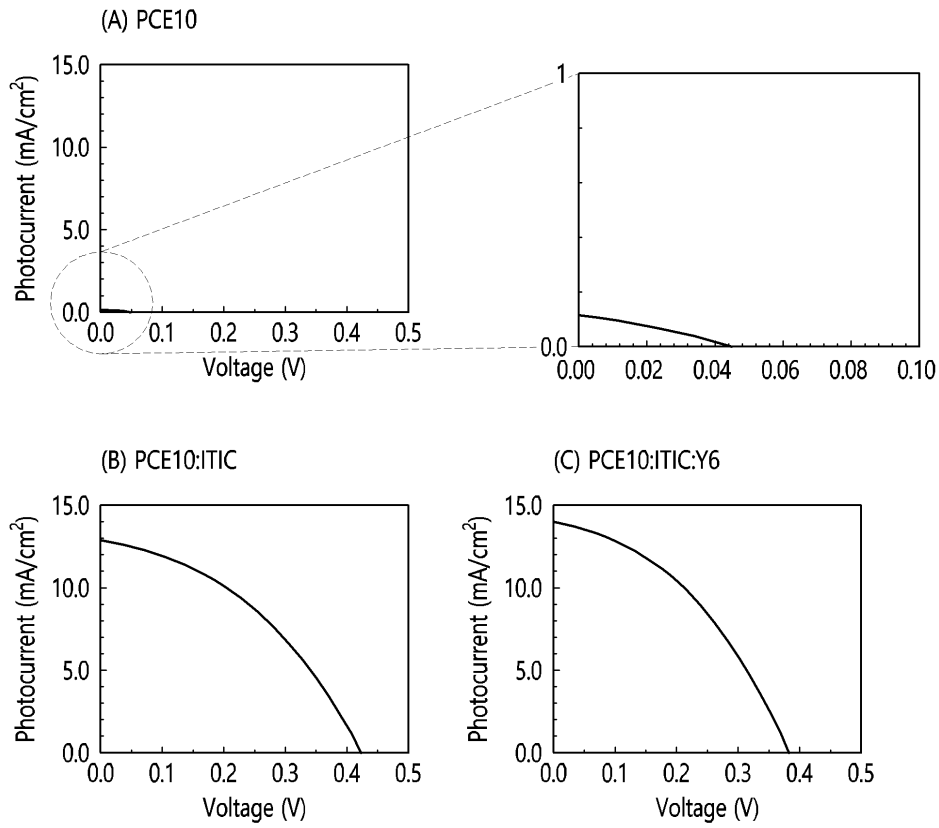
도면3



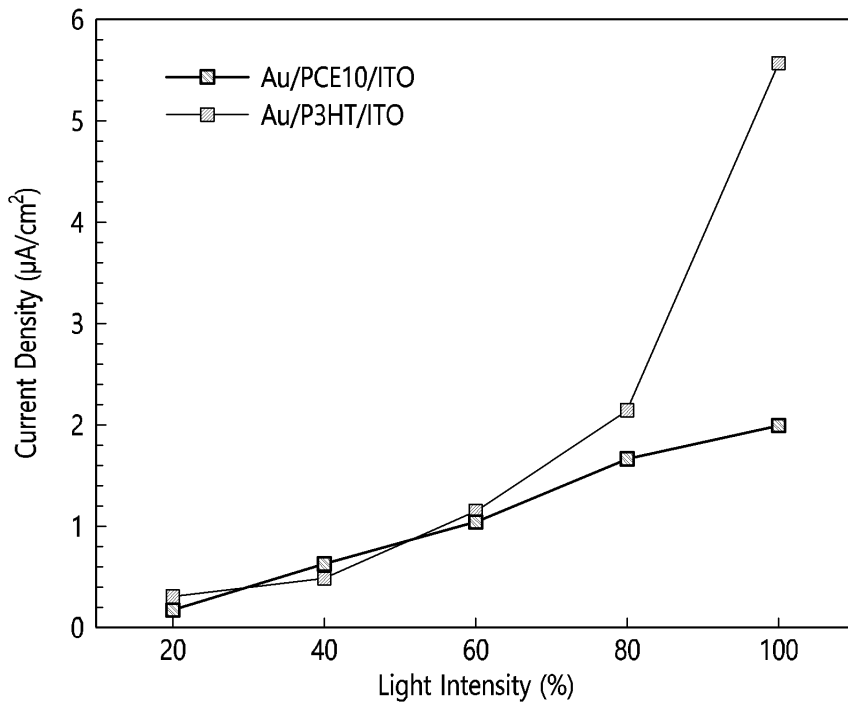
도면4



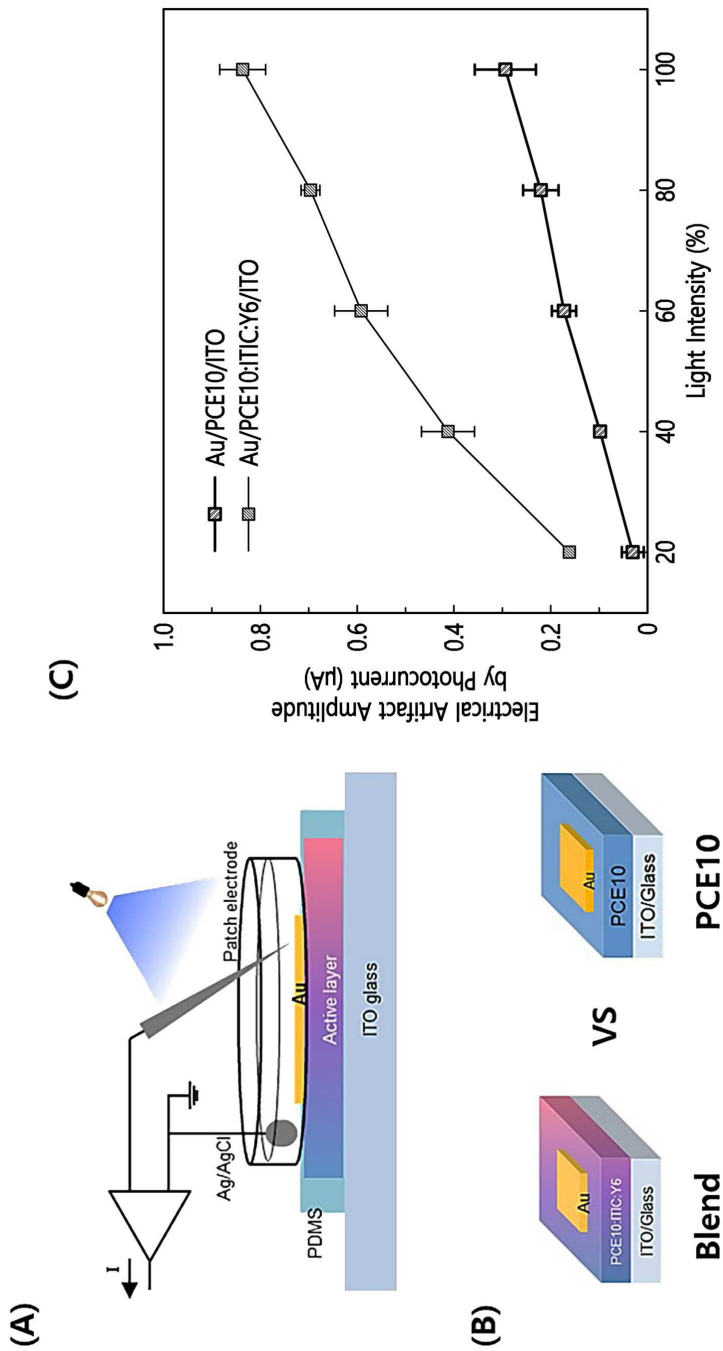
도면5



도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 13

【변경전】

제11항에 있어서,

상기 유기 광전 물질은 Y6(BTP-4F)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법.

【변경후】

제12항에 있어서,

상기 유기 광전 물질은 Y6(BTP-4F)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로니들 어레이 기반의 전극의 제조방법.