



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0104855
(43) 공개일자 2022년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 45/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 45/149 (2013.01)
H01L 45/1206 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0007125

(22) 출원일자 2021년01월19일
심사청구일자 2021년01월19일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자
김현재

서울특별시 마포구 마포대로 195, 402동 1101호

이진혁
서울특별시 강남구 개포로109길 9, 219동 411호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

전체 청구항 수 : 총 4 항

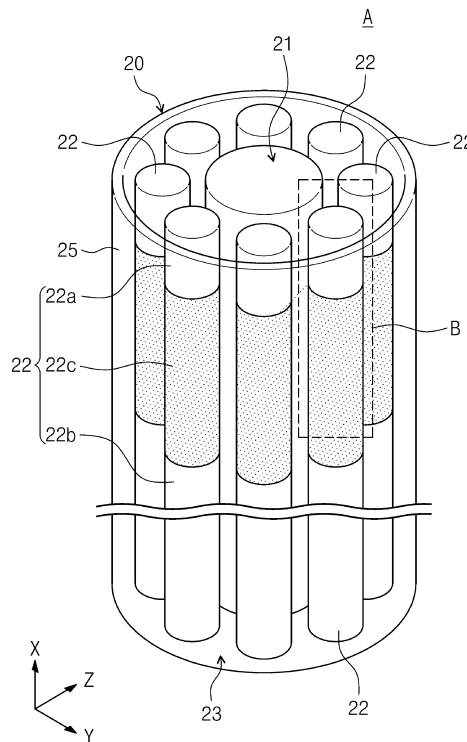
(54) 발명의 명칭 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자

(57) 요약

인체 내에 삽입되어 인체 내의 신경과 연결되어 사용되기에 적합하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자가 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하는 마이크로 섬유형의 바이오 센서, 및 뉴런의 신호 전달을 위한 축삭 돌기를 모방하는 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



터를 포함할 수 있다.

마이크로 섬유형의 바이오 센서는 마이크로 섬유형의 원통형 외피층; 원통형 외피층의 중심축 상에 배치되어 연장하는 섬유형 게이트; 원통형 외피층 내에 배치되고, 섬유형 게이트를 둘러싸면서 연장하는 복수의 섬유형 반도체 조립체; 및 원통형 외피층 내에 제공되는 전해질 유전체를 포함할 수 있다.

마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터는 원통형의 마이크로 섬유; 및 마이크로 섬유 내에 주연 방향을 따라 배열되는 복수의 섬유형 반도체 조립체;를 포함할 수 있다. 섬유형 반도체 조립체는 제1 섬유형 전극; 제2 섬유형 전극; 및 제1 섬유형 전극과 제2 섬유형 전극 간에 연결되는 섬유형 연결층을 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01L 45/122 (2013.01)

H01L 45/1253 (2013.01)

(72) 발명자

강병하

서울특별시 마포구 백범로 205, 104동 1601호

김형태

서울특별시 양천구 목동동로 100, 1315동 302호

최동현

서울특별시 마포구 신촌로12다길 20, 711호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105028
과제번호	2018M3A7B4071521
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노·소재기술개발(R&D)
연구과제명	굴곡표면상 3차원 구조 EHD 인쇄기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.02.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

뉴런의 신경 전달 물질을 감지하는 마이크로 섬유형의 바이오 센서를 포함하는 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자로서,

상기 마이크로 섬유형의 바이오 센서는:

제1 방향으로 연장하고, 탄성중합체를 포함하는 마이크로 섬유형의 원통형 외피층;

상기 원통형 외피층 내에 상기 원통형 외피층의 중심축 상에 배치되어 상기 제1 방향으로 연장하는 섬유형 게이트;

상기 원통형 외피층 내에 배치되고, 상기 섬유형 게이트를 둘러싸면서 상기 제1 방향으로 연장하는 복수의 섬유형 반도체 조립체; 및

상기 원통형 외피층 내에 제공되고, 상기 섬유형 게이트와 상기 섬유형 반도체 조립체의 외주면에 접촉되는 전해질 유전체를 포함하는, 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 섬유형 반도체 조립체는:

상기 제1 방향을 기준으로 일측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 드레인층;

상기 제1 방향을 기준으로 타측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 소스층; 및

상기 드레인층과 상기 소스층 사이에 연결되고, 반도체 물질을 포함하는 활성층을 포함하고,

상기 반도체 물질은 화학적 안정성을 가지는 산화물 반도체와, 유연성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 하이브리드 반도체 물질이고,

상기 생체 적합성 전극 물질은 금속 산화물이 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함하고,

상기 활성층은 외주면에 상기 전해질 유전체를 통해 전달되는 신경 전달 물질을 수용하는 수용기가 결합되는, 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자.

청구항 3

뉴런의 신호 전달을 위한 축삭 돌기와 시냅스를 모방하는 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터를 포함하는 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자로서,

상기 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터는:

제1 방향으로 연장하고, 탄성중합체 물질을 포함하는 원통형의 마이크로 섬유; 및

상기 마이크로 섬유 내에 배치되고, 상기 마이크로 섬유의 주연 방향을 따라 배열되어 상기 제1 방향으로 연장하는 복수의 섬유형 반도체 조립체;를 포함하고,

상기 섬유형 반도체 조립체는:

상기 제1 방향을 기준으로 일측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 제1 섬유형 전극;

상기 제1 방향을 기준으로 타측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 제2 섬유형 전극; 및

상기 제1 섬유형 전극과 상기 제2 섬유형 전극 간에 연결되어 전도성 이온에 의한 스위칭 기능을 하고, 반도체 물질 또는 유전체 물질을 포함하는 섬유형 연결층을 포함하고,

상기 생체 적합성 전극 물질은 금속 산화물이 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함하고, 상기 반도체 물질은 화학적 안정성을 가지는 산화물 반도체와, 유연성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 하이브리드 반도체 물질인, 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자.

청구항 4

제1항에 기재된 마이크로 섬유형의 바이오 센서와, 제3항에 기재된 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터, 및 상기 바이오 센서와 상기 시냅틱 멤리스터 사이에 연결되어 상기 바이오 센서와 상기 시냅틱 멤리스터 간에 전기 신호를 전달하는 마이크로 섬유형의 연결체를 포함하고,

상기 마이크로 섬유형의 연결체는 전도성 나노구조체들이 혼합된 중심층과, 상기 중심층을 감싸며 내습성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 외피층을 포함하고,

상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 바이오 센서의 사이에 제1 마이크로 귀금속 페이스트를 배치한 상태에서 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 바이오 센서 간의 접합 부위에 펄스 레이저를 인가함으로써 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 바이오 센서가 접합되고,

상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 시냅틱 멤리스터의 사이에 제2 마이크로 귀금속 페이스트를 배치한 상태에서 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 시냅틱 멤리스터 간의 접합 부위에 펄스 레이저를 인가함으로써 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 시냅틱 멤리스터가 접합되는, 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 인체 내에 삽입되어 인체 내의 신경과 연결되어 사용되기에 적합한 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에 들어 인간의 뉴런을 모방하는 뉴로모픽 소자에 관하여 연구가 이루어지고 있다. 일반적으로 신경을 통한 신호 전달은 인간의 신경 내 축삭 돌기를 통해 전기적 신호가 전달되고, 뉴런과 뉴런 사이 또는 뉴런과 근육 간에 신경 전달 물질(neurotransmitter)을 통해 화학적 신호를 전달하는 방식으로 이루어진다.

[0003] 이러한 인간의 신경계에서 뉴런의 손상으로 인해 뉴런 내 또는 뉴런과 시냅스 간 신호 전달에 이상이 생길 경우, 알츠하이머, 심부전, 파킨슨병, 치매, 루게릭병 등의 다양한 신경퇴행성 질환이 야기될 수 있다. 이에 뉴런 내 잘못된 신호 발생을 바로 잡는 생체 전자 의약품이 필요하다.

[0004] 최근에 들어 신경의 정보 처리 과정을 모사하도록 제작한 마이크로 뉴로모픽 칩(micro-chip)을 인체 내에 삽입하여 신경과 연결함으로써 신경 퇴행성 질환 치료에 활용하는 연구들이 진행되었다. 그러나, 실리콘 웨이퍼 상에 제작된 뉴로모픽 칩이 생체 내에서 생체 조직과 부조화를 일으키거나, 인체 내 존재하는 전해질로 인해 금속성 전극이 부식되는 등의 이유로 장시간 사용에 한계가 존재하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 인체 내에 삽입되어 인체 내의 신경과 연결되어 사용되기에 적합하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 제공하기 위한 것이다.

[0006] 또한, 본 발명은 마이크로 섬유형의 바이오 센서에 의해 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 제공하기 위한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명은 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터에 의해 뉴런 내 신호를 전달하는 축삭 돌기를 모방하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 마이크로 섬유형의 바이오 센서와, 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터가 마이크로 섬유형의 연결체를 매개로 결합되어 뉴런의 신경 전달 물질 감지 및 뉴런 내 신호를 전달하는 축삭 돌기 기능을 수행하도

록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는: 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하는 마이크로 섬유형의 바이오 센서를 포함하는 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자로서, 상기 마이크로 섬유형의 바이오 센서는: 제1 방향으로 연장하고, 탄성중합체를 포함하는 마이크로 섬유형의 원통형 외피층; 상기 원통형 외피층 내에 상기 원통형 외피층의 중심축 상에 배치되어 상기 제1 방향으로 연장하는 섬유형 게이트; 상기 원통형 외피층 내에 배치되고, 상기 섬유형 게이트를 둘러싸면서 상기 제1 방향으로 연장하는 복수의 섬유형 반도체 조립체; 및 상기 원통형 외피층 내에 제공되고, 상기 섬유형 게이트와 상기 섬유형 반도체 조립체의 외주면에 접촉되는 전해질 유전체를 포함한다.
- [0010] 상기 섬유형 반도체 조립체는: 상기 제1 방향을 기준으로 일측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 드레인층; 상기 제1 방향을 기준으로 타측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 소스층; 및 상기 드레인층과 상기 소스층 사이에 연결되고, 반도체 물질을 포함하는 활성층을 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 반도체 물질은 화학적 안정성을 가지는 산화물 반도체와, 유연성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 하이브리드 반도체 물질일 수 있다. 상기 생체 적합성 전극 물질은 금속 산화물이 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있다. 상기 활성층은 외주면에 상기 전해질 유전체를 통해 전달되는 신경 전달 물질을 수용하는 수용기가 결합될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는: 뉴런의 신호 전달을 위한 축삭 돌기와 시냅스를 모방하는 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터를 포함하는 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자로서, 상기 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터는: 제1 방향으로 연장하고, 탄성중합체 물질을 포함하는 원통형의 마이크로 섬유; 및 상기 마이크로 섬유 내에 배치되고, 상기 마이크로 섬유의 주연 방향을 따라 배열되어 상기 제1 방향으로 연장하는 복수의 섬유형 조립체;를 포함한다.
- [0013] 상기 섬유형 조립체는: 상기 제1 방향을 기준으로 일측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 제1 섬유형 전극; 상기 제1 방향을 기준으로 타측에 배치되고, 생체 적합성 전극 물질을 포함하는 제2 섬유형 전극; 및 상기 제1 섬유형 전극과 상기 제2 섬유형 전극 간에 연결되어 전도성 이온에 의한 스위칭 기능을 하고, 반도체 물질 또는 유전체 물질을 포함하는 섬유형 연결층을 포함한다.
- [0014] 상기 생체 적합성 전극 물질은 금속 산화물이 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있다. 상기 반도체 물질은 화학적 안정성을 가지는 산화물 반도체와, 유연성을 가지는 탄성중합체를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는: 상기 마이크로 섬유형의 바이오 센서와, 상기 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터, 및 상기 바이오 센서와 상기 시냅틱 멤리스터 사이에 연결되어 상기 바이오 센서와 상기 시냅틱 멤리스터 간에 전기 신호를 전달하는 마이크로 섬유형의 연결체를 포함한다.
- [0016] 상기 마이크로 섬유형의 연결체는 전도성 나노구조체들이 혼합된 중심층과, 상기 중심층을 감싸며 내습성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 외피층을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 바이오 센서는: 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 바이오 센서의 사이에 제1 마이크로 귀금속 페이스트를 배치한 상태에서, 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 바이오 센서 간의 접합 부위에 펄스 레이저를 인가함으로써 접합될 수 있다.
- [0018] 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 시냅틱 멤리스터는: 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 시냅틱 멤리스터의 사이에 제2 마이크로 귀금속 페이스트를 배치한 상태에서, 상기 마이크로 섬유형의 연결체와 상기 시냅틱 멤리스터 간의 접합 부위에 펄스 레이저를 인가함으로써 접합될 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 실시예에 의하면, 인체 내에 삽입되어 인체 내의 신경과 연결되어 사용되기에 적합하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자가 제공된다.
- [0020] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 마이크로 섬유형의 바이오 센서에 의해 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자가 제공된다.

[0021] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터에 의해 뉴런 내 신호를 전달하는 축삭 돌기를 모방하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자가 제공된다.

[0022] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 마이크로 섬유형의 바이오 센서와, 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터가 마이크로 섬유형의 연결체를 매개로 결합되어 뉴런의 신경 전달 물질 감지 및 뉴런 내 신호를 전달하는 축삭 돌기 기능을 수행하도록 개선된 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자가 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 나타낸 사시도이다.

도 2는 도 1의 'A'부 내부를 확대하여 나타낸 사시도이다.

도 3은 도 2의 'B'부를 확대하여 나타낸 단면도이다.

도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 구성하는 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터를 나타낸 사시도이다.

도 5는 도 4의 'C'부를 확대하여 나타낸 단면도이다.

도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자의 집합 과정을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 구성하는 마이크로 섬유형의 연결체를 나타낸 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0025] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 나타낸 사시도이다. 도 2는 도 1의 'A'부 내부를 확대하여 나타낸 사시도이다. 도 3은 도 2의 'B'부를 확대하여 나타낸 단면도이다.

[0026] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자(10)는 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하는 마이크로 섬유형의 바이오 센서(20)를 포함할 수 있다. 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자(10)는 예를 들어, 인쇄 공정을 통해 제조될 수 있다.

[0027] 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하기 위해, 마이크로 섬유형의 바이오 센서(20)는 섬유형 게이트(21), 복수의 섬유형 반도체 조립체(22), 전해질 유전체(23), 및 원통형 외피층(25)을 포함할 수 있다.

[0028] 원통형 외피층(25)은 그 중심축이 제1 방향(X)으로 연장할 수 있다. 원통형 외피층(25)은 휘어지거나 신축될 수 있는 유연성, 내습성 및 생체 적합성을 가지는 탄성중합체를 포함할 수 있다.

[0029] 섬유형 게이트(21)는 원통형 외피층(25) 내에 원통형 외피층(25)의 중심축 상에 배치되어 제1 방향(X)으로 연장할 수 있다. 섬유형 게이트(21)는 생체 적합성 전극 물질을 포함할 수 있다.

[0030] 섬유형 게이트(21)의 생체 적합성 전극 물질은 내부식성 및 전계 전달 효율이 높은 금속 산화물이 얇게 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0031] 복수의 섬유형 반도체 조립체(22)는 원통형 외피층(25) 내에 배치되고, 섬유형 게이트(21)를 둘러싸면서 제1 방향(X)으로 연장할 수 있다. 섬유형 게이트(21)와 섬유형 반도체 조립체(22)는 3차원 구조 섬유형 트랜지스터를 구성할 수 있다.

[0032] 섬유형 반도체 조립체(22)는 제1 방향(X)으로 연장하는 마이크로 섬유형의 소스층(22a), 제1 방향(X)으로 연장하는 마이크로 섬유형의 드레인층(22b), 및 제1 방향(X)으로 연장하는 마이크로 섬유형의 활성층(22c)을 포함할 수 있다.

- [0033] 드레인층(22b)은 제1 방향(X)을 기준으로 섬유형 반도체 조립체(22)의 일측에 배치될 수 있다. 드레인층(22b)은 생체 적합성을 가지는 전극 물질을 포함할 수 있다.
- [0034] 드레인층(22b)의 생체 적합성 전극 물질은 내부식성 및 전계 전달 효율이 높은 금속 산화물이 얇게 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0035] 소스층(22a)은 제1 방향(X)을 기준으로 섬유형 반도체 조립체(22)의 타측에 배치될 수 있다. 드레인층(22b)과 유사하게, 소스층(22a)은 생체 적합성 전극 물질을 포함할 수 있다.
- [0036] 소스층(22a)의 생체 적합성 전극 물질은 내부식성 및 전계 전달 효율이 높은 금속 산화물이 얇게 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 활성층(22c)은 드레인층(22b)과 소스층(22a) 사이에 연결될 수 있다. 활성층(22c)은 화학적 안정성을 가지는 산화물 반도체와, 유연성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 하이브리드 반도체 물질을 포함할 수 있다.
- [0038] 하이브리드 반도체 물질은 예를 들어, 출발 물질로 금속 산화물 질산염 수화물(metal oxide nitrate hydrate)를 사용하여 제조될 수 있다. 용매로는 탈이온수(Deionized water) 및 알코올계 등이 사용될 수 있다.
- [0039] 하이브리드 반도체 물질의 제조를 위해, 용매와 용질을 섞은 후, 하루 이상 교반하고, 교반된 용액에 탄성중합체를 섞는 과정을 수행할 수 있다. 이때 금속 산화물 질산염 수화물의 농도는 0.05 ~ 0.5 M 범위가 적합하다. 탄성중합체의 농도는 1 ~ 20 중량% 범위 내에서 사용될 수 있다.
- [0040] 교반된 용액에 탄성중합체를 섞은 후 다시 하루 이상 교반하여 탄성중합체 도핑 산화물 잉크를 제작할 수 있다. 이와 같이 제작된 탄성중합체 도핑 산화물 잉크를 이용하여 인쇄 공정을 통해 섬유형 소자를 제조할 수 있다.
- [0041] 활성층(22c)은 외주면에 전해질 유전체(23)를 통해 전달되는 뉴런(neuron)의 신경 전달 물질(neurotransmitter)(24)을 수용하는 수용기(receptor)(22d)가 결합될 수 있다.
- [0042] 전해질 유전체(23)는 원통형 외피층(25) 내에 제공될 수 있다. 전해질 유전체(23)는 섬유형 게이트(21)와 섬유형 반도체 조립체(22)의 외주면에 접촉될 수 있다.
- [0043] 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는 마이크로 섬유형의 바이오 센서에 의해 뉴런의 신경 전달 물질을 감지하기에 적합할 뿐 아니라, 마이크로 섬유 형태로 바이오 센서의 섬유형 트랜지스터를 보호함과 동시에 생체 적합성을 향상시키는 효과가 있다.
- [0044] 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 구성하는 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터를 나타낸 사시도이다. 도 5는 도 4의 'C'부를 확대하여 나타낸 단면도이다.
- [0045] 도 4 및 도 5를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는 뉴런의 신호 전달을 위한 축삭 돌기와 시냅스를 모방하는 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터(30)를 포함할 수 있다.
- [0046] 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터(synaptic memristor)(30)는 제1 방향(X)으로 연장하는 마이크로 섬유형의 복수의 섬유형 조립체(32)와, 마이크로 섬유형으로 제1 방향(X)으로 연장하는 원통형의 마이크로 섬유(34)를 포함할 수 있다.
- [0047] 원통형의 마이크로 섬유(34)는 제1 방향(X)으로부터 측방으로 휘어지거나 제1 방향(X)으로 신축될 수 있는 유연성, 내습성 및 생체 적합성을 가지는 탄성중합체 물질을 포함할 수 있다.
- [0048] 복수의 섬유형 조립체(32)는 마이크로 섬유(34) 내에 배치되어 제1 방향(X)으로 연장할 수 있다. 복수의 섬유형 조립체(32)는 마이크로 섬유(34)의 주연 방향으로 원형을 따라 일정 간격으로 배열될 수 있다.
- [0049] 섬유형 조립체(32)는 제1 방향(X)으로 연장하는 제1 섬유형 전극(32a)(상부 전극), 제1 방향(X)으로 연장하는 제2 섬유형 전극(32b)(하부 전극), 및 제1 방향(X)으로 연장하는 섬유형 연결층(32c)(스위칭 레이어)을 포함할 수 있다.
- [0050] 제1 섬유형 전극(32a)은 제1 방향(X)을 기준으로 섬유형 조립체(32)의 일측에 배치될 수 있다. 제1 섬유형 전극(32a)은 생체 적합성 전극 물질을 포함할 수 있다.
- [0051] 제1 섬유형 전극(32a)의 생체 적합성 전극 물질은 내부식성 및 전계 전달 효율이 높은 금속 산화물이 얇게 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0052] 제2 섬유형 전극(32b)은 제1 방향(X)을 기준으로 섬유형 조립체(32)의 타측에 배치될 수 있다. 제1 섬유형 전극

(32a)과 유사하게, 제2 섬유형 전극(32b)은 생체 적합성 전극 물질을 포함할 수 있다.

- [0053] 제2 섬유형 전극(32b)의 생체 적합성 전극 물질은 내부식성 및 전계 전달 효율이 높은 금속 산화물이 얇게 코팅된 인체 무해성 귀금속류 나노 구조체 전극 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0054] 섬유형 연결층(32c)은 제1 섬유형 전극(32a)과 제2 섬유형 전극(32b) 간에 연결되어 전도성 이온(conductive ion)(32d)에 의한 스위칭 기능을 수행할 수 있다. 섬유형 연결층(32c)은 반도체 물질 또는 유전체 물질을 포함할 수 있다.
- [0055] 섬유형 연결층(32c)의 반도체 물질은 화학적 안정성을 가지는 산화물 반도체와, 유연성을 가지는 탄성중합체를 포함할 수 있다. 섬유형 연결층(32c)의 유전체 물질은 전해질 유전체로 제공될 수 있다.
- [0056] 도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자의 접합 과정을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자를 구성하는 마이크로 섬유형의 연결체를 나타낸 사시도이다.
- [0057] 도 6 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자(10)는 마이크로 섬유형의 바이오 센서(20)와, 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터(30), 및 마이크로 섬유형의 연결체(40)를 포함할 수 있다.
- [0058] 마이크로 섬유형의 바이오 센서(20)는 도 2 및 도 3에 도시된 제1 실시예에 따른 바이오 센서일 수 있다. 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터(30)는 도 4 및 도 5에 도시된 제2 실시예에 따른 시냅틱 멤리스터(30)일 수 있다.
- [0059] 마이크로 섬유형의 연결체(40)는 바이오 센서(20)와 시냅틱 멤리스터(30) 사이에 연결될 수 있다. 마이크로 섬유형의 연결체(40)는 바이오 센서(20)와 시냅틱 멤리스터(30) 간에 전기 신호를 전달할 수 있다.
- [0060] 마이크로 섬유형의 연결체(40)는 전도성 나노구조체들이 혼합된 중심층(42)과, 중심층(42)을 감싸며 내습성을 가지는 탄성중합체를 포함하는 외피층(44)을 포함할 수 있다.
- [0061] 중심층(42)은 일 예로, 폴리디메틸실록세인(PDMS; Polydimethylsiloxane), 폴리(메틸메타크릴레이트)(PMMA; Poly(methyl methacrylate))와 같은 폴리머 물질에 전도성 나노구조체들이 혼합된 물질로 제공될 수 있다.
- [0062] 외피층(44)은 휘어지거나 신축될 수 있는 유연성을 가지고, 내습 특성이 우수하며 생체 적합성을 가지는 탄성중합체를 포함할 수 있다. 외피층(44)은 중심층(42)의 외측면에 탄성중합체 물질을 인쇄하는 방식으로 형성될 수 있다.
- [0063] 마이크로 섬유형의 연결체(40)와 바이오 센서(20)는 예를 들어, 마이크로 섬유형의 연결체(40)와 바이오 센서(20) 사이에 제1 마이크로 귀금속 페이스트(50)를 배치하고, 마이크로 섬유형의 연결체(40)와 바이오 센서(20) 간의 접합 부위에 펄스 레이저 장치(60)에 의해 펄스 레이저를 인가함으로써 접합될 수 있다.
- [0064] 마이크로 섬유형의 연결체(40)와 시냅틱 멤리스터(30)는 예를 들어, 마이크로 섬유형의 연결체(40)와 시냅틱 멤리스터(30) 사이에 제2 마이크로 귀금속 페이스트(50)를 배치하고, 펄스 레이저 장치(60)에 의해 마이크로 섬유형의 연결체(40)와 시냅틱 멤리스터(30) 간의 접합 부위에 펄스 레이저를 인가함으로써 접합될 수 있다.
- [0065] 바이오 센서(20), 시냅틱 멤리스터(30) 및 마이크로 섬유형의 연결체(40)를 접합하기 위한 제1 및 제2 마이크로 귀금속 페이스트(50)는 예를 들어, 금 페이스트(Au paste)와 같은 귀금속 물질이 사용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0066] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자는 뉴런의 축삭 돌기, 시냅스의 형상 및 기능을 모사하여 제작되어 생체 삽입됨으로서, 신경의 화학적/전기적 신호를 감지하고 신경의 시냅스 동작 특성을 모사하는 등 신경 퇴행성 질환 등을 극복하는데 효과적으로 활용될 수 있다.
- [0067] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

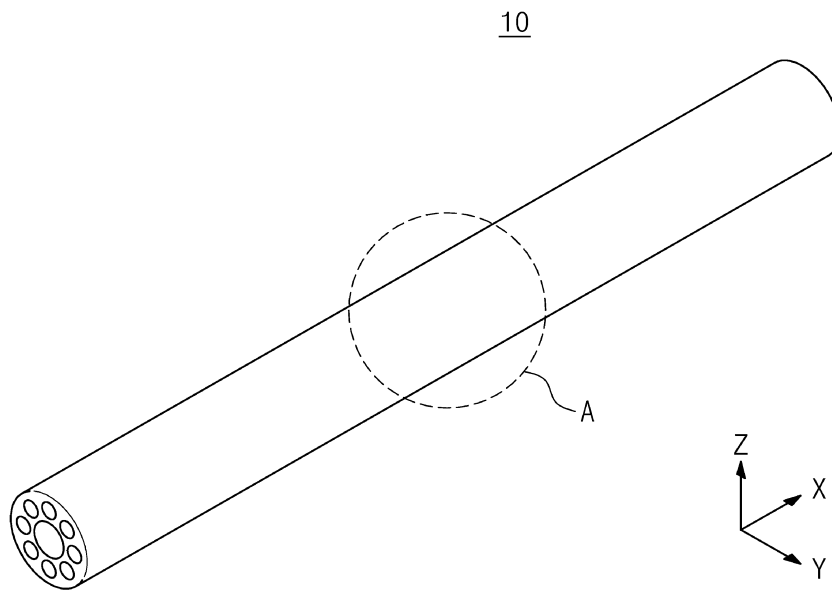
부호의 설명

- [0068] 10: 마이크로 섬유형 뉴로모픽 소자 20: 마이크로 섬유형의 바이오 센서

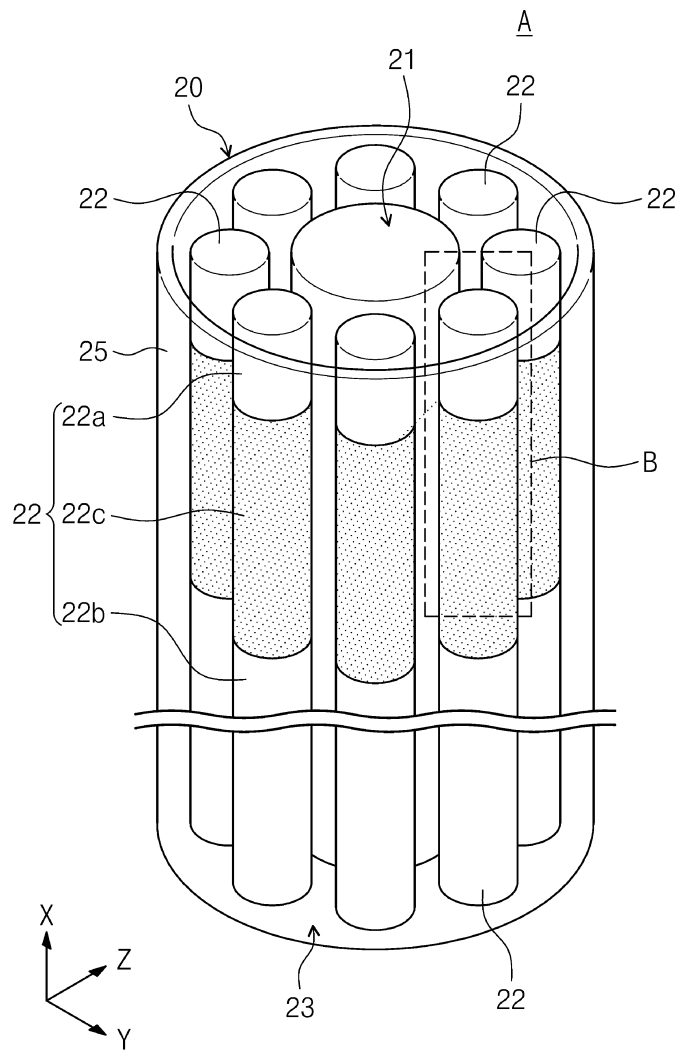
21: 섬유형 게이트 22: 섬유형 반도체 조립체
 22a: 소스층 22b: 드레인층
 22c: 활성층 22d: 수용기
 23: 전해질 유전체 24: 신경 전달 물질
 25: 원통형 외피층 30: 마이크로 섬유형의 시냅틱 멤리스터
 32: 섬유형 조립체 32a: 제1 섬유형 전극(상부 전극)
 32b: 제2 섬유형 전극(하부 전극) 32c: 섬유형 연결층
 32d: 전도성 이온 34: 마이크로 섬유
 40: 마이크로 섬유형의 연결체 42: 중심층
 44: 외피층 50: 귀금속 페이스트
 60: 펄스 레이저 장치

도면

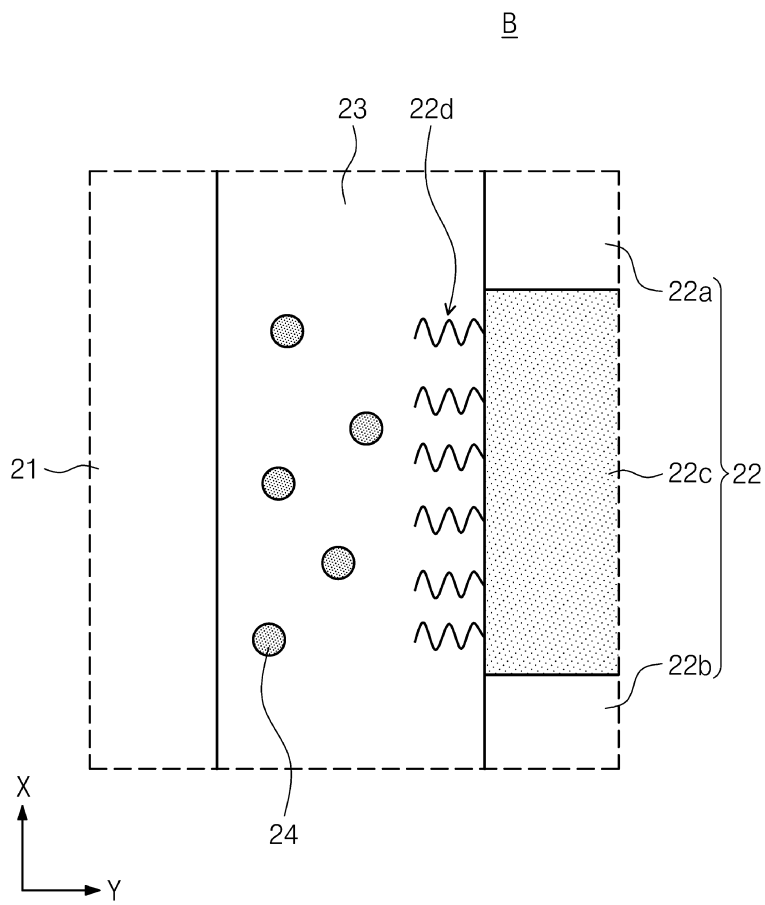
도면1



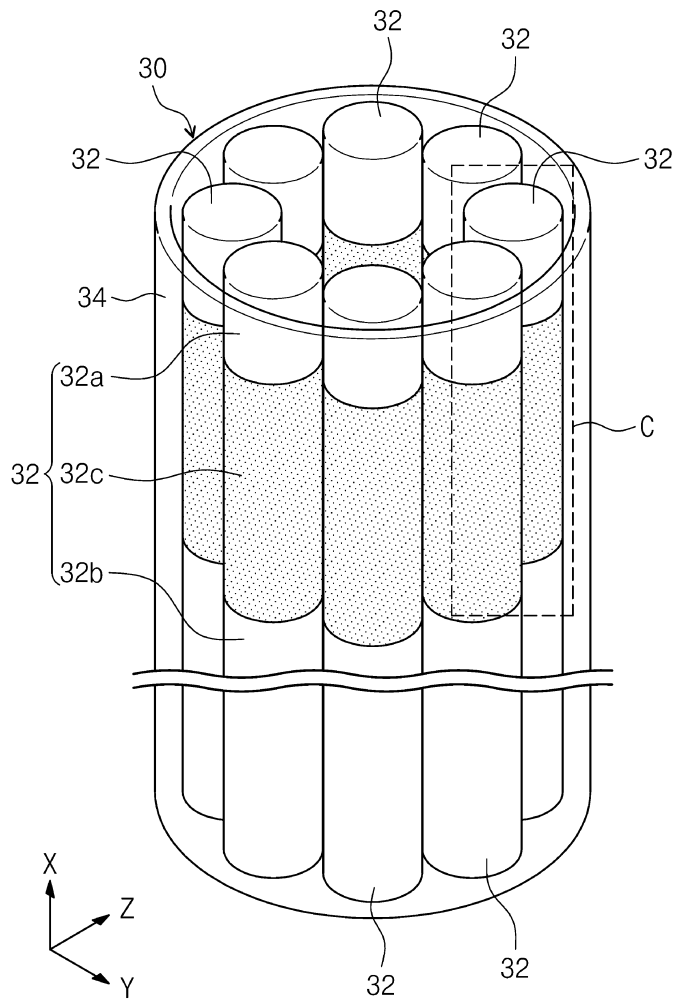
도면2



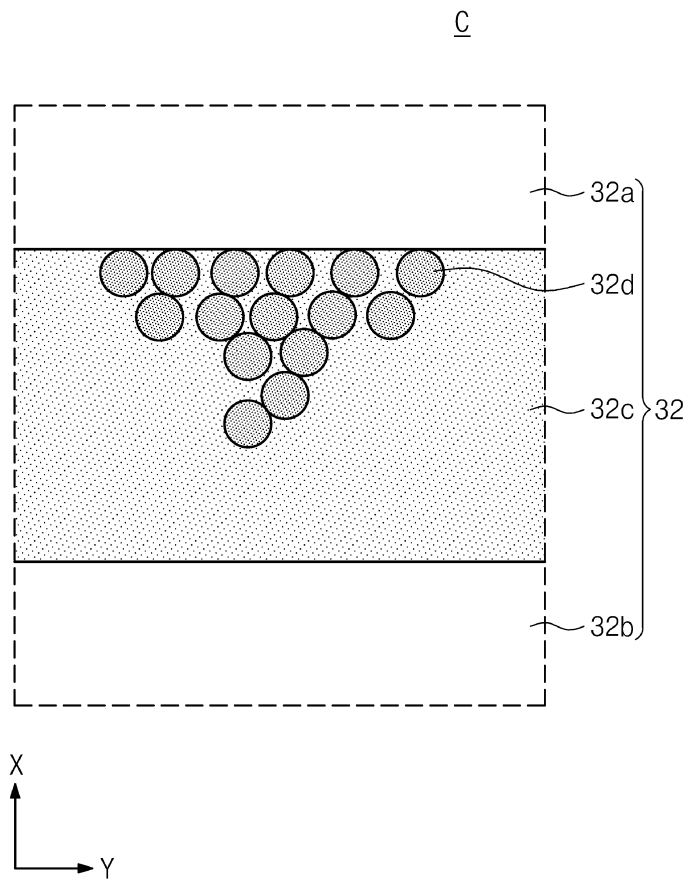
도면3



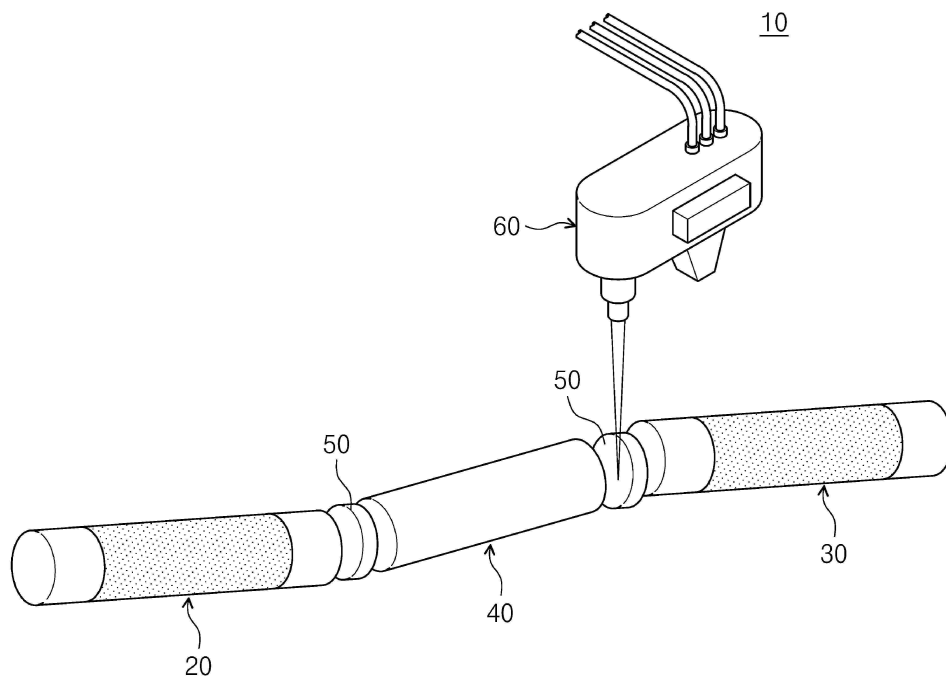
도면4



도면5



도면6



도면7

40

