



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0105793  
(43) 공개일자 2022년07월28일

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

(52) CPC특허분류  
H01L 45/1608 (2013.01)  
G06N 3/063 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0008593

(22) 출원일자 2021년01월21일

심사청구일자 2021년01월21일

(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

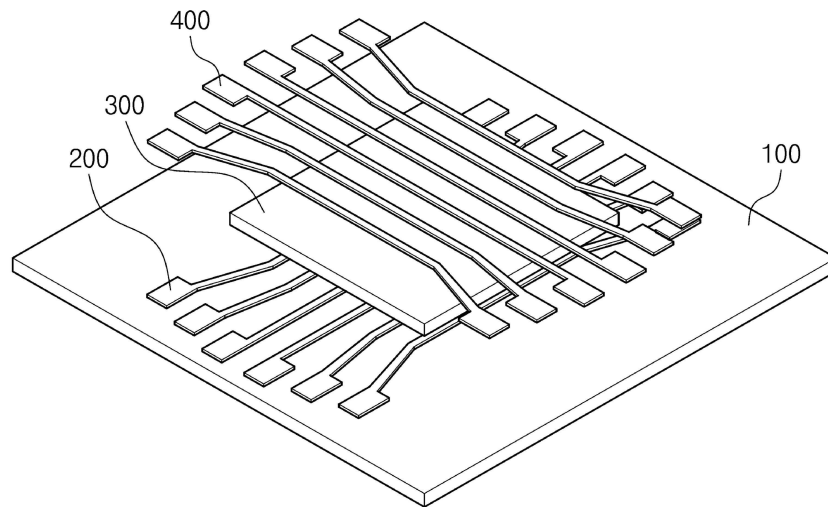
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 생분해성을 갖는 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 제조 방법은 a) 생분해성 기판 상에 생분해성 하부 전극층을 형성하는 단계; b) 상기 생분해성 하부 전극층 상에 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어를 형성하는 단계; 및 c) 상기 스위칭 레이어 상에 생분해성 상부 전극층을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01L 45/1253** (2013.01)

**H01L 45/149** (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

- a) 생분해성 기관 상에 생분해성 하부 전극층을 형성하는 단계;
- b) 상기 생분해성 하부 전극층 상에 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어를 형성하는 단계; 및
- c) 상기 스위칭 레이어 상에 생분해성 상부 전극층을 형성하는 단계를 포함하는, 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 제조 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 b) 단계는:

- b-1) 상기 생분해성 하부 전극층 상에 히알루론산을 포함하는 히알루론산 용액을 증착하는 단계; 및
- b-2) 상기 히알루론산 용액을 열처리하는 단계를 포함하는, 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 제조 방법.

#### 청구항 3

히알루론산을 포함하며, 하부 전극층과 상부 전극층 사이에 제공되도록 구성되는 스위칭 레이어를 포함하는, 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 스위칭 레이어는:

상기 히알루론산을 포함하는 히알루론산 용액이 상기 하부 전극층과 상기 상부 전극층 사이에 증착되어 형성되는, 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 전극층과 상기 제2 전극층은 생분해성을 갖도록 구성되는, 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 생분해성을 갖는 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 최근 사용자의 건강 상태를 측정 또는 진단하거나 질병을 치료하는 목적의 인체 삽입형 전자소자에 대한 기술이 활발하게 연구되고 있다. 특히 생분해성 전자소자는 인체 내에서 분해 및 용해되는 물질로 이루어져, 삽입된 소자의 제거를 위한 2차 수술이 필요 없을 뿐만 아니라 그에 따른 위험부담을 낮출 수 있어 크게 주목받고 있다.

[0003] 또한, 뇌나 뉴런 등에 존재하는 신경 세포를 모방한 뉴로모픽 소자를 인체에 삽입하여 치매를 치료하거나 개선하고자 하는 시도들 역시 이루어지고 있는데, 특히 MIM(Metal-Insulator-Metal) 구조를 갖는 멤리스터를 뉴로모픽 소자에 적용하고자 하는 시도 역시 이루어지고 있다.

[0004] 그러나, 기존의 인체 삽입형 전자소자에 사용되던 무기물을 기반으로 하는 반도체 소자의 경우 인체 내부에서

분 해 또는 용해되기까지 오랜 시간 물리적 접촉을 하면서 염증 유발, 독성 및 면역 반응 등의 부작용을 초래할 수 있다는 문제점이 존재하였다.

[0005] 따라서, 인체에 내 삽입한 후에도 염증 반응을 일으키지 않는 생적합성과, 시간이 흐른 후에는 인체 내에서 자연적으로 분해될 수 있는 생분해성 소재를 이용하여 인체 삽입형 전자소자를 제작하고자 하는 시도들이 이루어지고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예는 생적합성 및 생분해성을 갖으며, 보다 상세히 말하면 생분해성 기관, 생분해성 하부 전극, 생분해성 상부 전극 및 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어를 포함하는 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자와 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0007] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 제조 방법은 a) 생분해성 기관 상에 생분해성 하부 전극층을 형성하는 단계; b) 상기 생분해성 하부 전극층 상에 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어를 형성하는 단계; 및 c) 상기 스위칭 레이어 상에 생분해성 상부 전극층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 b) 단계는: b-1) 상기 생분해성 하부 전극층 상에 히알루론산을 포함하는 히알루론산 용액을 증착하는 단계; 및 b-2) 상기 히알루론산 용액을 열처리하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자는 히알루론산을 포함하며, 하부 전극층과 상부 전극층 사이에 제공되도록 구성되는 스위칭 레이어를 포함한다.

[0011] 상기 스위칭 레이어는: 상기 히알루론산을 포함하는 히알루론산 용액이 상기 하부 전극층과 상기 상부 전극층 사이에 증착되어 형성될 수 있다.

[0012] 상기 제1 전극층과 상기 제2 전극층은 생분해성을 갖도록 구성될 수 있다.

### 발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자와 그 제조 방법은 생적합성 및 생분해성을 갖으며, 보다 상세히 말하면 생분해성 기관, 생분해성 하부 전극, 생분해성 상부 전극 및 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어를 포함할 수 있다.

[0014] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자에 양의 전압을 가한 횟수에 따른 전류의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 3은 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자에 음의 전압을 가한 횟수에 따른 전류의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 4는 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자의 단기 기억 및 장기 기억 동작 특성이 발현되는 모습을 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술 되는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로

다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

- [0017] 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 가진다.
- [0018] 일반적인 사전들에 의해 정의된 용어들은 관련된 기술 그리고/혹은 본 출원의 본문에 의미하는 것과 동일한 의미를 갖는 것으로 해석될 수 있고, 그리고 여기서 명확하게 정의된 표현이 아니더라도 개념화되거나 혹은 과도하게 형식적으로 해석되지 않을 것이다.
- [0019] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.
- [0020] 명세서에서 사용되는 '포함한다' 및/또는 이 동사의 다양한 활용형들 예를 들어, '포함', '포함하는', '포함하고', '포함하며' 등은 언급된 조성, 성분, 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 조성, 성분, 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 본 명세서에서 '및/또는'이라는 용어는 나열된 구성들 각각 또는 이들의 다양한 조합을 가리킨다.
- [0021] 한편, 본 명세서 전체에서 사용되는 '~부', '~기', '~블록', '~모듈' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미할 수 있다. 예를 들어 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다.
- [0022] 그렇지만 '~부', '~기', '~블록', '~모듈' 등이 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부', '~기', '~블록', '~모듈'은 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.
- [0023] 따라서, 일 예로서 '~부', '~기', '~블록', '~모듈'은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다.
- [0024] 구성요소들과 '~부', '~기', '~블록', '~모듈'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부', '~기', '~블록', '~모듈'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부', '~기', '~블록', '~모듈'들로 더 분리될 수 있다.
- [0025] 이하, 본 명세서의 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리스트 기반 뉴로모픽 소자(10)의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 메모리스트 기반 뉴로모픽 소자(10)는 기판(100), 기판(100) 상에 적층되는 하부 전극층(200), 하부 전극층(200) 상에 적층되는 스위칭 레이어(300) 및 스위칭 레이어(300) 상에 적층되는 상부 전극층(400)을 포함할 수 있다.
- [0028] 하부 전극층(200), 스위칭 레이어(300) 및 상부 전극층(400)은 MIM(Metal-Insulator-Metal)구조로서, 적당한 전기적 신호를 가하면 저항이 큰 전도가 되지 않는 상태(OFF state, HRS)에서 저항이 작은 전도가 가능한 상태(ON state, LRS)로 바뀌는 메모리 특성이 나타나며, 이러한 성질 덕분에 뉴로모픽 소자로 사용될 수 있다.
- [0029] 기판(100)은 생분해성 물질로 형성될 수 있다.
- [0030] 생분해성 물질은 무기물질, 유기물질 및 생체 적합성 재료 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0031] 상기 무기물질은 실리콘 산화물(SiO<sub>2</sub>), 실리콘 질화물(Siliconnitride; SiN<sub>x</sub>), 실리콘 산질화물(SiON), 알루미늄 산화물(AlO), 알루미늄 질화물(AlN), 알루미늄 산질화물(AlON) 및 알루미늄 실리콘 산질화물(AlSiON)로 구성된 그룹으로부터 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 유기물질은 폴리아미드(polyimide), 아크릴(acrylic), 폴리아미드(polyamide), 폴리아미드아미드(polyimide-amide), 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene; BCB), 에폭시 수지(epoxy resin), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluorethylene), 폴리염화비닐

(polyvinyl chloride), 폴리P-페닐렌 비닐렌(Poly p-Phenylene Vinylene), 및 폴리파라크실렌계 수지(polyparaxylylene resin) 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.

- [0033] 상기 생체 적합성 재료는 생체 유래 가용성 물질, 생체 적합 물질 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0034] 상기 생체 유래 가용성 물질은 키토산(chitosan), 콜라겐(collagen), 젤라틴(gelatin), 히알루론산(hyaluronic acid; HA), 알긴산, 펙틴, 카라기난, 콘드로이틴(설페이트), 텍스트란(설페이트), 폴리라이신(polylysine), 카르복시메틸 티틴, 피브린, 아가로스, 폴루란 및 셀룰로오스 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0035] 상기 생체 적합 물질은 폴리비닐피롤리돈(PVP), 폴리에틸렌 글리콜(PEG), 폴리비닐알콜(PVA), 히드록시프로필셀룰로스(HPC), 히드록시에틸셀룰로스(HEC), 히드록시프로필 메틸셀룰로스(HPMC), 나트륨 카르복시메틸 셀룰로스, 폴리알콜, 아라비아검, 알기네이트, 시클로덱스트린, 텍스트린, 포도당, 과당, 녹말, 트레할로스, 글루코스, 말토스, 락토스, 락툴로스, 프럭토스, 투라노스, 멜리토스, 멜레지토스, 텍스트란, 소르비톨, 크실리톨, 팔라티니트, 폴리락트산(polylactic acid), 폴리글리콜산(polyglycolic acid), 폴리에틸렌옥사이드, 폴리아크릴산, 폴리아크릴아마이드, 폴리메타아크릴산 및 폴리말레인산 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0036] 하부 전극층(200) 및 상부 전극층(400)은 생분해성 금속 또는 생분해성이며 전도성을 갖는 물질로 형성될 수 있다.
- [0037] 생분해성 금속은 철(Fe), 인(P), 니켈(Ni), 아연(Zn), 망간(Mn), 칼슘(Ca), 크롬(Cr), 규소(Si), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 몰리브덴(Mo), 스트론튬(Sr), 마그네슘(Mg), 텅스텐(W) 및 가돌리늄(Ga) 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0038] 생분해성이며 전도성을 갖는 물질은 상기 생분해성 물질과 상기 생분해성 금속 중 어느 하나 또는 이들의 조합으로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0039] 스위칭 레이어(300)는 히알루론산으로 이루어질 수 있다. 히알루론산은 생체 합성 천연 물질이며, 수산화기를 많이 포함하고 있어 친수성을 갖는다. 히알루론산의 이러한 특징은 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자의 전기적 특성 변화를 발현시키는데 중요한 역할을 한다.
- [0040] 소자에 전압이 가해졌을 시, 히알루론산의 수산화기 내 존재하는 수소 양성자의 이동 및 수산화기로 인해 산화된 상부전극 내 이온들의 이동으로 뉴로모픽 소자의 저항이 바뀌어 전기적 특성이 발현된다.
- [0041] 또한, 스위칭 레이어(300)가 히알루론산으로 이루어짐으로 히알루론산의 생적합성 및 생분해성의 장점으로 인해 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자 또한 이러한 특성을 갖게 된다.
- [0042] 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자(10) 제조 방법은 생분해성 기판(100) 상에 생분해성 하부 전극층(200)을 형성하는 단계, 생분해성 하부 전극층(200) 상에 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어(300)를 형성하는 단계 및 스위칭 레이어(300) 상에 생분해성 상부 전극층(400)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0043] 생분해성 하부 전극층(200) 상에 히알루론산을 포함하는 스위칭 레이어(300)를 형성하는 단계를 보다 상세히 살펴보면 다음과 같다.
- [0044] 먼저 생분해성 하부 전극층(200) 상에 히알루론산을 포함하는 히알루론산 용액을 증착한다.
- [0045] 히알루론산 용액의 증착은 프린팅 또는 스핀 코팅에 의해 수행될 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 증착 방법을 통해 수행될 수 있다.
- [0046] 이후, 히알루론산 용액을 열처리한다. 예를 들어, 열처리하는 80 내지 100도씨에서 1시간 이상 진행될 수 있다.
- [0047] 도 2는 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자에 양의 전압을 가한 횟수에 따른 전류의 변화를 나타낸 그래프이고, 도 3은 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자에 음의 전압을 가한 횟수에 따른 전류의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0048] 도 2를 참조하면, 멤리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)에 양의 전압(Positive bias)을 가한 횟수(sweep 횟수)가 증가할수록 전류의 변화 정도가 더 큰 것을 확인할 수 있다.

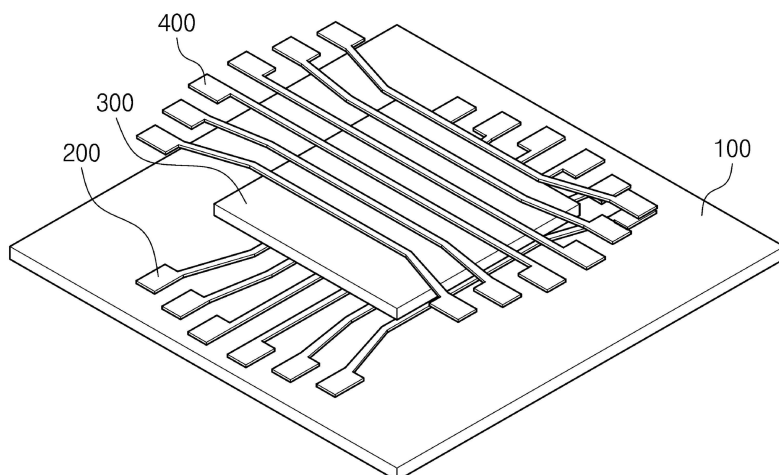
- [0049] 또한, 도 3을 참조하면, 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)에 음의 전압(Negative bias)을 가한 횟수(sweep 횟수)가 증가할 때 역시 전류의 변화 정도가 더 큰 것을 확인할 수 있다.
- [0050] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)의 경우 전압이 가해진 횟수가 증가할수록 전류 변화 정도가 큰 것을 알 수 있다.
- [0051] 도 4는 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자의 단기 기억 및 장기 기억 동작 특성이 발현되는 모습을 나타낸 그래프이다.
- [0052] 도 4를 참조하면, 복수의 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10) 중 특정 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)에 펄스(pulse)를 가할 경우, 이에 따라 전류가 변화함을 알 수 있다.
- [0053] 특히, 펄스를 가한 횟수가 증가할수록 기 설정된 시간 경과 시 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)에 흐르는 전류가 보다 오래 유지됨을 알 수 있다.
- [0054] 예를 들어, 펄스를 1회 가했을 경우 100초가 흐른 뒤에는 더 이상 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)에 전류가 흐르지 않았으나, 펄스를 100회 가했을 경우에는 100초가 흐른 뒤에도 보다 높은 전류 흐름이 감지되었다.
- [0055] 즉, 펄스가 가해진 횟수가 상대적으로 작을 경우에는 단기 기억에 해당하는 동작 특성을 갖으며, 반대로 펄스가 가해진 횟수가 상대적으로 많을 경우에는 단기 기억에 해당하는 동작 특성을 나타내었다.
- [0056] 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)의 이러한 특성은 마치 사람이 여러번의 반복 학습을 수행할 경우 해당 기억이 장기 기억으로 변환되는 것과 유사하며, 이를 통해 치매 환자의 치료에 본 발명의 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자(10)가 적용될 수 있음을 나타낸다.
- [0057] 이상에서 실시예를 통해 본 발명을 설명하였으나, 위 실시예는 단지 본 발명의 사상을 설명하기 위한 것으로 이에 한정되지 않는다. 통상의 기술자는 전술한 실시예에 다양한 변형이 가해질 수 있음을 이해할 것이다. 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위의 해석을 통해서만 정해진다.

## 부호의 설명

- [0058] 10 메모리스터 기반 뉴로모픽 소자  
100 기판  
200 하부 전극층  
300 스위칭 레이어  
400 상부 전극층

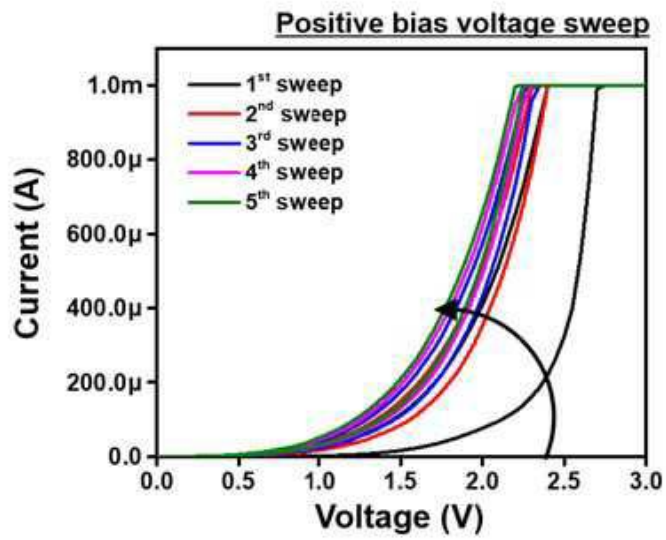
## 도면

### 도면1

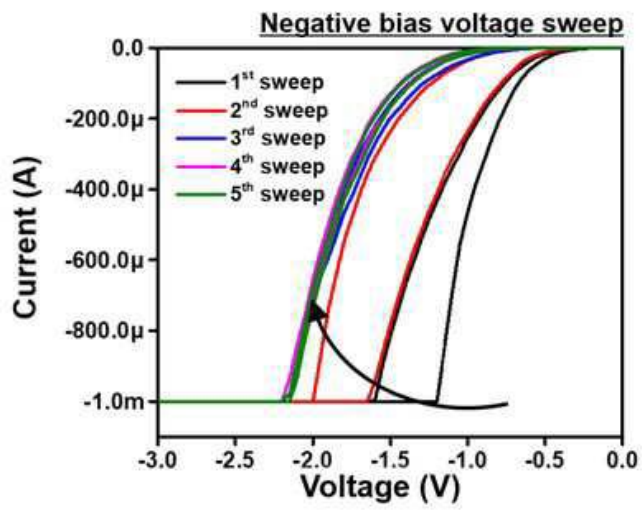




도면2



도면3





도면4

