



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월25일

(11) 등록번호 10-2255309

(24) 등록일자 2021년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 27/115 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2014-0141003

(22) 출원일자 2014년10월17일

심사청구일자 2019년10월15일

(65) 공개번호 10-2016-0046031

(43) 공개일자 2016년04월28일

(56) 선행기술조사문헌

EP02541770 A1

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

송윤홍

경기도 성남시 분당구 수내로 74 112동 1304호
(수내동, 양지마을금호1단지아파트)

정홍식

경기도 성남시 분당구 정자일로 1, A 2001 (금곡
동, 코오롱트리폴리스)

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

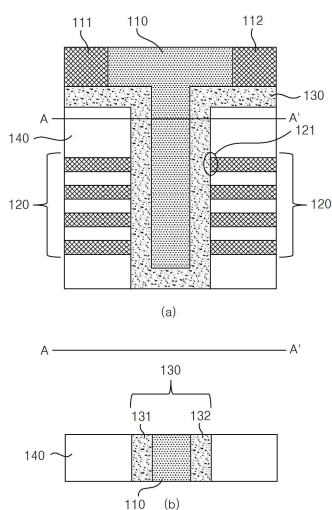
심사관 : 박소정

(54) 발명의 명칭 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이를 이용한 인공 뉴런 반도체 시스템

(57) 요약

3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자는 클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 출력 신호가 발생되는 제2 전극; 절연 기둥; 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들; 및 상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 있으며, 상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층을 포함한다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌
JP2012527668 A
KR1020130093322 A
KR1020130114183 A
US20140063925 A1

명세서

청구범위

청구항 1

클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 상기 제1 전극과 이격 배치되고, 출력 신호가 발생하는 제2 전극;

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각과 연결된 절연 기둥;

상기 제1 전극, 상기 제2 전극 및 상기 절연 기둥 각각과 이격 배치되며, 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들;

및

상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 있으며, 상기 복수의 전극층들과 연결되어 상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층

을 포함하는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 상변화층의 적어도 두 개의 파트들은

상기 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 상변화층은

칼코겐 화합물(chalcogenide)로 형성되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 상변화층은

상기 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 상기 전기 신호에 기초하여 결정화되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 결정화된 상변화층은

상기 제1 전극을 통하여 인가되는 상기 클럭 신호에 응답하여 상기 출력 신호를 상기 제2 전극으로 발생시키는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 상변화층에는

3차원 구조를 갖도록 상기 복수의 전극층들이 상기 상변화층과 맞닿아 있는 계면에 대하여 수직 방향으로 연결되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자.

청구항 7

세포체 소자; 및

상기 세포체 소자와 연결되는 복수의 시냅스 소자들

을 포함하고,

상기 세포체 소자 및 상기 복수의 시냅스 소자들 각각은

클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 상기 제1 전극과 이격 배치되고, 출력 신호가 발생되는 제2 전극;

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 각각과 연결된 절연 기둥;

상기 제1 전극, 상기 제2 전극 및 상기 절연 기둥 각각과 이격 배치되며, 적어도 하나의 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들;

및

상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 있으며, 상기 복수의 전극층들과 연결되어 상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층

을 포함하는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 상변화층의 적어도 두 개의 파트들은

상기 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 세포체 소자 및 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 상변화층은

칼코겐 화합물(chalcogenide)로 형성되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 세포체 소자에 포함되는 상변화층은

상기 세포체 소자에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 상기 복수의 시냅스 소자들 각각의 출력 신호에 기초하여 결정화되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 결정화된 상변화층은

상기 세포체 소자에 포함되는 제1 전극을 통하여 인가되는 상기 클럭 신호에 응답하여 상기 출력 신호를 상기 세포체 소자에 포함되는 제2 전극으로 발생시키는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 상변화층에는

3차원 구조를 갖도록 상기 복수의 전극층들이 상기 상변화층과 맞닿아 있는 계면에 대하여 수직 방향으로 연결되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 상변화층은

상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 상기 전기 신호에 기초하여 결정화되는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 결정화된 상변화층은

상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 제1 전극을 통하여 인가되는 상기 클럭 신호에 응답하여 상기 출력 신호를 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 제2 전극으로 발생시키는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템.

청구항 15

적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들 및

층간 절연막을 형성하기 위하여, 절연 물질 및 금속 전도 물질을 교대로 증착하는 단계;

상기 절연 물질 및 상기 금속 전도 물질을 패터닝하는 단계;

상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층을 상기 절연 물질 및 상기 금속 전도 물질이 패터닝된 영역에 상변화 물질로 형성하는 단계;

상기 상변화층의 표면에 절연 물질로 절연 기둥을 생성하는 단계; 및

클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 출력 신호가 발생하는 제2 전극을 생성하기 위하여, 상기 절연 기둥에 금속 전도 물질을 증착한 후 상기 금속 전도 물질을 이격된 두 영역으로 분리하는 단계

를 포함하고,

상기 상변화층을 상기 상변화 물질로 형성하는 단계는

상기 상변화층이 상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿도록 상기 상변화층을 형성하는 단계

를 포함하는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 제작하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 상변화층을 상기 상변화 물질로 형성하는 단계는

상기 상변화층의 적어도 두 개의 파트들이 상기 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되도록 상기 상변화층을 형성하는 단계

를 포함하는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 제작하는 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 상변화층을 상기 상변화 물질로 형성하는 단계는

칼코겐 화합물(chalcogenide)로 상기 상변화층을 형성하는 단계

를 포함하는 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 제작하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 뉴런 네트워크 시스템의 세포체(soma)를 3차원 구조를 갖도록 모델링한 인공 뉴런 반도체 소자 및 이를 이용한 인공 뉴런 반도체 시스템에 관한 것으로, 구체적으로, 상변화 물질로 세포체를 모델링하고, 상변화 물질과 3차원 구조를 갖도록 연결되는 복수의 전극층들로 축색 돌기(dendrite)를 모델링하는 기술이다.

배경 기술

- [0002] 뉴런 네트워크 시스템을 모델링하는 기술은 생물학적 뉴런 네트워크 시스템을 시뮬레이션하여 두뇌의 역할과 유사한 동작을 하는 전자 회로로서 디지털 뉴런 네트워크 컴퓨터를 구성하는 기술이다. 이 때, 뉴런 네트워크 시스템의 세포체는 변화하는 속성 값을 갖기 때문에, 전자 회로로 모델링하는데 많은 어려움이 있다.
- [0003] 특히, 기존의 뉴런 네트워크 시스템을 모델링하는 기술은 PCM(Phase-Change Memory) 및 RRAM(Resistive RAM)으로 시냅스를 모델링하고, 실리콘 트랜지스터(Si-transistor)로 세포체를 모델링하기 때문에, 전력 소모가 심하고, 집적화가 어려운 단점이 있다.
- [0004] 이에, 본 명세서에서는 상변화층으로 세포체를 모델링하고, 상변화층과 3차원 구조를 갖도록 연결되는 복수의 전극층들로 축색 돌기를 모델링하는 기술을 제안한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 실시예들은 상변화층으로 세포체를 모델링하고, 상변화층과 3차원 구조를 갖도록 연결되는 복수의 전극층들로 축색 돌기를 모델링함으로써, 전력 소모 및 집적화의 문제를 해결한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이를 이용한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템을 제공한다.
- [0006] 특히, 본 발명의 실시예들은 상변화층을 칼코겐 화합물(chalcogenide)로 형성하여, 뉴런 스파이킹(neuron spiking)을 모델링한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이를 이용한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자는 클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 출력 신호가 발생하는 제2 전극; 절연 기둥; 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들; 및 상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 있으며, 상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층을 포함한다.
- [0008] 상기 상변화층의 적어도 두 개의 파트들은 상기 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결될 수 있다.
- [0009] 상기 상변화층은 칼코겐 화합물(chalcogenide)로 형성될 수 있다.
- [0010] 상기 상변화층은 상기 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 상기 전기 신호에 기초하여 결정화될 수 있다.
- [0011] 상기 결정화된 상변화층은 상기 제1 전극을 통하여 인가되는 상기 클럭 신호에 응답하여 상기 출력 신호를 상기 제2 전극으로 발생시킬 수 있다.
- [0012] 상기 상변화층에는 3차원 구조를 갖도록 상기 복수의 전극층들이 수직 방향으로 연결될 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템은 세포체 소자; 및 상기 세포체 소자와 연결되는 복수의 시냅스 소자들을 포함하고, 상기 세포체 소자 및 상기 복수의 시냅스 소자들 각각은 클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 출력 신호가 발생하는 제2 전극; 절연 기둥; 적어도 하나의 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들; 및 상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어

도 두 측면들과 맞닿아 있으며, 상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층을 포함한다.

- [0014] 상기 상변화층의 적어도 두 개의 파트들은 상기 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결될 수 있다.
- [0015] 상기 세포체 소자 및 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 상변화층은 칼코겐 화합물(chalcogenide)로 형성될 수 있다.
- [0016] 상기 세포체 소자에 포함되는 상변화층은 상기 세포체 소자에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 상기 복수의 시냅스 소자들 각각의 출력 신호에 기초하여 결정화될 수 있다.
- [0017] 상기 결정화된 상변화층은 상기 세포체 소자에 포함되는 제1 전극을 통하여 인가되는 상기 클럭 신호에 응답하여 상기 출력 신호를 상기 세포체 소자에 포함되는 제2 전극으로 발생시킬 수 있다.
- [0018] 상기 상변화층에는 3차원 구조를 갖도록 상기 복수의 전극층들이 수직 방향으로 연결될 수 있다.
- [0019] 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 상변화층은 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 상기 전기 신호에 기초하여 결정화될 수 있다.
- [0020] 상기 결정화된 상변화층은 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 제1 전극을 통하여 인가되는 상기 클럭 신호에 응답하여 상기 출력 신호를 상기 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 제2 전극으로 발생시킬 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일실시예에 따른 차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 제작하는 방법은 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들 및 층간 절연막을 형성하기 위하여, 절연 물질 및 금속 전도 물질을 교대로 증착하는 단계; 상기 절연 물질 및 상기 금속 전도 물질을 패터닝하는 단계; 상기 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층을 상기 절연 물질 및 상기 금속 전도 물질이 패터닝된 영역에 상변화 물질로 형성하는 단계; 상기 상변화층의 표면에 절연 물질로 절연 기둥을 생성하는 단계; 및 클럭 신호가 인가되는 제1 전극 및 출력 신호가 발생하는 제2 전극을 생성하기 위하여, 상기 절연 기둥에 금속 전도 물질을 증착하는 단계를 포함하고, 상기 상변화층을 상기 상변화층 물질로 형성하는 단계는 상기 상변화층이 상기 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 상기 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿도록 상기 상변화층을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0022] 상기 상변화층을 상기 상변화층 물질로 형성하는 단계는 상기 상변화층의 적어도 두 개의 파트들이 상기 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되도록 상기 상변화층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 상변화층을 상기 상변화 물질로 형성하는 단계는 칼코겐 화합물(chalcogenide)로 상기 상변화층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 실시예들은 상변화층으로 세포체를 모델링하고, 상변화층과 3차원 구조를 갖도록 연결되는 복수의 전극층들로 축색 돌기를 모델링함으로써, 전력 소모 및 집적화의 문제를 해결한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이를 이용한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템을 제공할 수 있다.
- [0025] 특히, 본 발명의 실시예들은 상변화층을 형성하는 칼코겐 화합물의 결정화 과정으로써, 뉴런 스파이킹을 모델링한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이를 이용한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이에 연결되는 시냅스 회로를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 구동 방법을 나타낸 플로우

차트이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템의 구동 방법을 나타낸 플로우 차트이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 나타낸 도면이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자는 절연 기둥(110), 복수의 전극층들(120) 및 상변화층(130)을 포함한다.
- [0030] 여기서, 절연 물질로 생성되는 절연 기둥(110)에는 클럭 신호가 인가되는 제1 전극(111) 및 출력 신호가 발생되는 제2 전극(112)이 연결된다(예컨대, 제1 전극(111) 및 제2 전극(112)는 금속 전도 물질로 생성됨). 도면에는 절연 기둥(110)이 T자 형태로 도시되었으나, 이에 제한되거나 한정되지 않고, 다양한 형태를 지닐 수 있다.
- [0031] 복수의 전극층들(120)은 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신한다. 이 때, 복수의 전극층들(120)은 아래에서 상술하는 상변화층(130)에 수직 방향으로 연결됨으로써(복수의 전극층들(120) 각각은 상변화층(130)과 수직 방향으로 연결되는 접촉점(121)을 가짐), 인공 뉴런 반도체 소자가 3차원 구조를 갖도록 할 수 있다(예컨대, 복수의 전극층들(120)은 금속 전도 물질로 생성됨).
- [0032] 따라서, 3차원 구조를 갖도록 상변화층(130)에 대해 수직 방향으로 연결된 복수의 전극층들(120) 각각은 적어도 하나의 시냅스 회로에서 선택적으로 발생하는 전기 신호를 세포체의 기능을 수행하는 상변화층(130)으로 전달하는 축색 돌기의 기능을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 시냅스 회로에 대한 설명은 도 2 및 도 3을 참조하여 기재하기로 한다.
- [0033] 이 때, 복수의 전극층들(120) 사이에는 층간 절연막(140)이 배치될 수 있다.
- [0034] 상변화층(130)은 절연 기둥(110)의 두 측면들과 맞닿아, 절연 기둥(110)에 의해 적어도 두 개의 파트들로 분류되도록 상변화 물질로 형성되어, 복수의 전극층들(120)에 의해 상변화를 일으킬 수 있다. 예를 들어, 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 윗면도를 살펴보면, 상변화층(130)은 절연 기둥(110)에 의해 제1 파트(131) 및 제2 파트(132)로 분류되어, 절연 기둥(110)의 적어도 두 측면들과 맞닿도록 형성될 수 있다.
- [0035] 이 때, 상변화층(130)의 적어도 두 개의 파트들은 절연 기둥(110)의 하부 영역에서 서로 연결될 수 있다.
- [0036] 따라서, 상변화층(130)을 형성하는 상변화 물질은 복수의 전극층들(120) 각각을 통하여 수신되는 전기 신호에 기초하여 결정화될 수 있다.
- [0037] 특히, 상변화층(130)은 전기 신호에 기초하여 결정화되는 칼코겐 화합물로 형성될 수 있다. 이 때, 칼코겐 화합물로 형성되는 상변화층(130)은 수신되는 전기 신호에 따라, 결정화 정도가 다양하게 조절될 수 있다. 예를 들어, 칼코겐 화합물로 형성되는 상변화층(130)은 수신되는 전기 신호의 강도에 따라, 8단계의 결정화 정도를 가질 수 있다. 그러나, 상변화층(130)을 형성하는 상변화 물질은 칼코겐 화합물로 제한되거나 한정되지 않고, 다양한 결정화 정도를 갖는 다양한 물질이 이용될 수도 있다.
- [0038] 여기서, 칼코겐 화합물로 형성되는 상변화층(130)의 결정화 과정은 뉴런 네트워킹 시스템에서의 뉴런 스파이킹과 유사하기 때문에, 상변화층(130)은 뉴런 네트워킹 시스템의 세포체의 기능을 수행할 수 있다.
- [0039] 이와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자는 상변화층(130)으로 세포체를 모델링하고, 상변화층(130)과 3차원 구조를 갖도록 연결되는 복수의 전극층들(120)로 축색 돌기를 모델링함으로써, 전력 소모 및 집적화의 문제를 해결할 수 있다. 이 때, 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자는 복수의 전극층들(120) 각각을 통하여 수신되는 전기 신호에 기초하여 결정화된 상변화층(130)이 제1 전극(111)을 통하여 인가되는 클럭 신호에 응답하여 출력 신호를 제2 전극(112)으로 발생시키는 동작으로, 뉴런 네트워킹 시스템에서 축색 돌기 및 뉴런의 동작을 모델링할 수 있다.

- [0040] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자 및 이에 연결되는 적어도 하나의 시냅스 회로를 나타낸 도면이다.
- [0041] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자에 포함되는 복수의 전극층들(210) 각각에는 전기 신호를 선택적으로 발생시키는 적어도 하나의 시냅스 회로(220)가 연결될 수 있다.
- [0042] 이 때, 인공 뉴런 반도체 소자에 포함되는 복수의 전극층들(210) 각각은 3차원 구조를 갖도록 상변화층(120)을 기준으로 수직 방향으로 연결되기 때문에, 복수의 전극층들(210) 각각에 연결되는 적어도 하나의 시냅스 회로의 집적화를 용이하도록 할 수 있다. 여기서, 적어도 하나의 시냅스 회로로는 기존의 PCM 및 RRAM 등 다양한 회로가 이용될 수 있다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템을 나타낸 도면이다.
- [0044] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템은 세포체 소자 및 시냅스 소자로서, 위에서 상술한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 이용할 수 있다.
- [0045] 구체적으로, 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템은 세포체 소자(310) 및 세포체 소자와 연결되는 복수의 시냅스 소자들(320)을 포함한다. 여기서, 세포체 소자(310) 및 복수의 시냅스 소자들(320) 각각은 도 1을 참조하여 기재한 바와 동일하게, 제1 전극, 제2 전극, 절연 기둥, 상변화층 및 복수의 전극층들을 포함한다. 예를 들어, 세포체 소자(310) 및 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 상변화층은 다양한 결정화 정도를 갖는 칼코겐 화합물로 형성될 수 있다.
- [0046] 이 때, 세포체 소자(310)는 세포체 소자(310)에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 복수의 시냅스 소자들(320) 각각의 제2 전극과 연결되기 때문에, 세포체 소자(310)에 포함되는 상변화층은 세포체 소자에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 복수의 시냅스 소자들(320) 각각의 출력 신호에 기초하여 결정화될 수 있다.
- [0047] 따라서, 세포체 소자(310)의 결정화된 상변화층은 세포체 소자(310)에 포함되는 제1 전극을 통하여 인가되는 클럭 신호에 응답하여 출력 신호를 세포체 소자(310)에 포함되는 제2 전극으로 발생시킬 수 있다.
- [0048] 복수의 시냅스 소자들(320) 각각은 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여, 전기 신호를 선택적으로 발생시키는 회로와 연결되기 때문에, 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 상변화층은 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 전기 신호에 기초하여 결정화될 수 있다.
- [0049] 따라서, 복수의 시냅스 소자들(320) 각각의 결정화된 상변화층은 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 제1 전극을 통하여 인가되는 클럭 신호에 응답하여 출력 신호를 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 제2 전극으로 발생시킬 수 있다.
- [0050] 이와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템은 복수의 시냅스 소자들(320) 각각의 출력 신호에 기초하여 결정화된 세포체 소자(310)의 상변화층이 세포체 소자(310)의 제1 전극을 통하여 인가되는 클럭 신호에 응답하여 출력 신호를 세포체 소자(320)의 제2 전극으로 발생시키는 동작으로, 뉴런 네트워킹 시스템에서 축색 돌기 및 뉴런의 동작을 모델링할 수 있다.
- [0051] 특히, 뉴런 네트워킹 시스템에서 시냅스의 동작은 복수의 시냅스 소자들(320) 각각의 동작으로 모델링되기 때문에, 시냅스 소자로 기존의 PCM 및 RRAM이 이용되는 경우보다, 다양한 논리 게이트가 구현될 수 있다. 예를 들어, 복수의 시냅스 소자들(320) 각각의 출력 신호가 복수의 시냅스 소자들(320) 각각에 포함되는 상변화층의 결정화 정도에 따라 발생되기 때문에, 기존의 PCM 및 RRAM과 같은 선택적으로 전기 신호를 발생시키는 시냅스 소자보다 다양한 출력 신호가 발생될 수 있고, 시냅스 소자의 집적화가 용이한 장점이 있다.
- [0052] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 구동 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0053] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따라 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 절연 기둥에 연결되는 제1

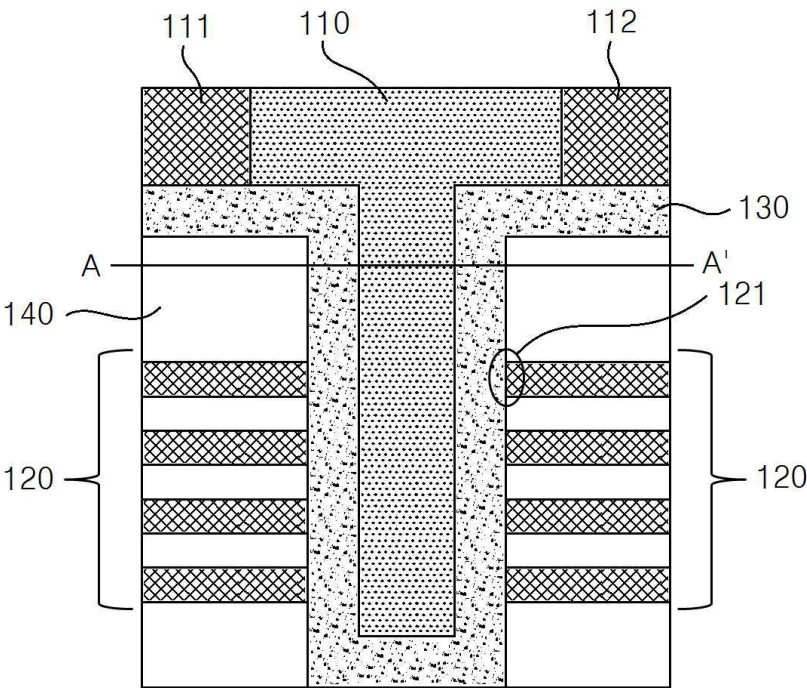
전극에 클럭 신호가 인가된다(410).

- [0054] 이어서, 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 복수의 전극층들 각각을 통하여 전기 신호가 수신된다(420). 이 때, 복수의 전극층들 각각에는 전기 신호를 선택적으로 발생시키는 적어도 하나의 시냅스 회로가 연결될 수 있다.
- [0055] 그 다음, 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 전기 신호에 기초하여 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되는 상변화층이 결정화된다(430). 이 때, 상변화층은 절연 기둥에 의하여 분류된 적어도 두 개의 파트들이 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되도록 다양한 결정화 정도를 갖는 상변화 물질로 형성되기 때문에, 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으킬 수 있다. 예를 들어, 상변화층은 칼코겐 화합물로 형성될 수 있다.
- [0056] 그 후, 결정화된 상변화층이 제1 전극에 인가된 클럭 신호에 응답하여 절연 기둥에 연결되는 제2 전극으로 출력 신호를 발생시킨다(440).
- [0057] 이와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 구동 방법은 뉴런 네트워킹 시스템에서 축색 돌기 및 뉴런의 동작과 동일한 과정으로 수행될 수 있다.
- [0058] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템의 구동 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0059] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따라 세포체 소자의 절연 기둥에 연결되는 제1 전극에 클럭 신호가 인가된다(510). 이 때, 세포체 소자와 전기적으로 연결된 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 제1 전극에 클럭 신호가 인가될 수 있다.
- [0060] 이어서, 복수의 시냅스 소자들 각각에서, 복수의 전극층들 각각을 통하여 전기 신호가 수신된다(520). 이 때, 복수의 시냅스 소자들 각각에 포함되는 복수의 전극층들 각각에는 전기 신호를 선택적으로 발생시키는 회로가 연결될 수 있다.
- [0061] 그 다음, 복수의 시냅스 소자들 각각에서, 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 전기 신호에 기초하여 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되는 상변화층이 결정화된다(530). 이 때, 상변화층은 절연 기둥에 의하여 분류된 적어도 두 개의 파트들이 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되도록 다양한 결정화 정도를 갖는 상변화 물질로 형성되기 때문에, 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으킬 수 있다. 예를 들어, 상변화층은 칼코겐 화합물로 형성될 수 있다.
- [0062] 그 다음, 복수의 시냅스 소자들 각각에서, 결정화된 상변화층이 제1 전극에 인가된 클럭 신호에 응답하여 절연 기둥에 연결되는 제2 전극으로 출력 신호를 발생시킨다(540).
- [0063] 그 다음, 세포체 소자의 복수의 전극층들 각각을 통하여 복수의 시냅스 소자들 각각의 출력 신호가 수신된다(550).
- [0064] 그 다음, 세포체 소자에서, 복수의 전극층들 각각을 통하여 수신되는 복수의 시냅스 소자들 각각의 출력 신호에 기초하여 절연 기둥의 적어도 두 측면들과 맞닿아 절연 기둥에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되는 상변화층이 결정화된다(560). 이 때, 상변화층은 절연 기둥에 의하여 분류된 적어도 두 개의 파트들이 절연 기둥의 하부 영역에서 서로 연결되도록 다양한 결정화 정도를 갖는 상변화 물질로 형성되기 때문에, 복수의 전극층들에 의하여 상변화를 일으킬 수 있다. 예를 들어, 상변화층은 칼코겐 화합물로 형성될 수 있다.
- [0065] 그 후, 세포체 소자에서, 결정화된 상변화층이 제1 전극에 인가된 클럭 신호에 응답하여 절연 기둥에 연결되는 제2 전극으로 출력 신호를 발생시킨다(570).
- [0066] 이와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템의 구동 방법은 뉴런 네트워킹 시스템에서 축색 돌기 및 뉴런의 동작과 동일한 과정으로 수행될 수 있다.
- [0067] 특히, 이와 같은 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 시스템의 구동 방법은 뉴런 네트워킹 시스템에서 시냅스의 동작을 위에서 상술한 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자를 이용하여 모델링하기 때문에, 기존의 인공 뉴런 반도체 시스템에 비해 다양한 논리 게이트를 구현할 수 있다.

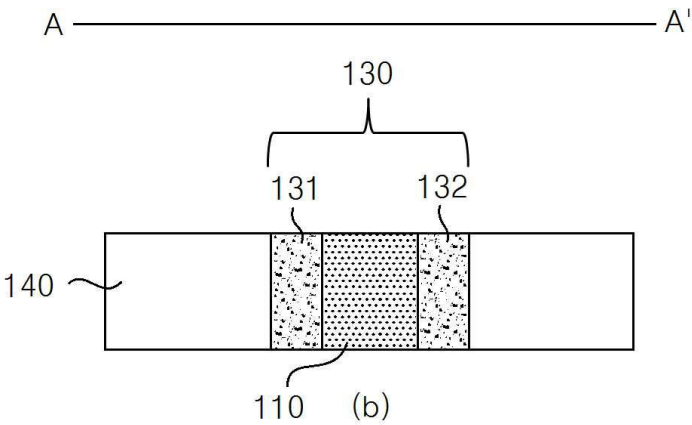
- [0068] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 방법을 나타낸 도면이다.
- [0069] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 적어도 하나의 시냅스 회로로부터 전기 신호를 수신하는 복수의 전극층들(610) 및 층간 절연막(620)을 형성하기 위하여, 절연 물질 및 금속 전도 물질을 교대로 증착한다.
- [0070] 이어서, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 절연 물질 및 금속 전도 물질을 패터닝한 후, 복수의 전극층들(610)에 의하여 상변화를 일으키는 상변화층(630)을 패터닝된 영역에 상변화 물질로 형성한다. 이 때, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 다양한 결정화 정도를 갖는 상변화 물질로 상변화층(630)을 형성할 수 있다. 예를 들어, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 칼코겐 화합물로 상변화층(630)을 형성할 수 있다.
- [0071] 그 다음, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 상변화층(630)의 표면에 절연 물질로 절연 기둥(640)을 생성한다. 여기서, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 절연 기둥(640)이 T자 형태를 갖도록 생성하는 것으로 도시하였으나, 이에 제한되거나 한정되지 않고 다양한 형태를 갖도록 생성할 수 있다.
- [0072] 이 때, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 상변화층(630)이 절연 기둥(640)에 의하여 적어도 두 개의 파트들로 분류되고, 절연 기둥(640)의 적어도 두 측면들과 맞닿도록 상변화층(630)을 형성한다. 또한, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 상변화층(630)의 적어도 두 개의 파트들이 절연 기둥(640)의 하부 영역에서 서로 연결되도록 상변화층(630)을 형성할 수 있다.
- [0073] 그 후, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 클럭 신호가 인가되는 제1 전극(650) 및 출력 신호가 발생하는 제2 전극(660)을 생성하기 위하여, 절연 기둥(640)에 금속 전도 물질을 증착한다. 이 때, 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 제1 전극(650) 및 제2 전극(660)이 절연 기둥(640)에 연결되도록 생성하기 위하여, 절연 기둥(640) 적어도 일부분을 식각할 수 있다.
- [0074] 이와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 3차원 구조의 인공 뉴런 반도체 소자의 제작 시스템은 다양한 결정화 정도를 갖는 상변화 물질로 상변화층(630)을 생성함으로써, 세포체를 모델링할 수 있고, 복수의 전극층들(610)이 상변화층(630)과 3차원 구조를 갖도록 연결되게 함으로써, 축색 돌기를 모델링할 수 있다.
- [0075] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 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.
- [0076] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

도면1

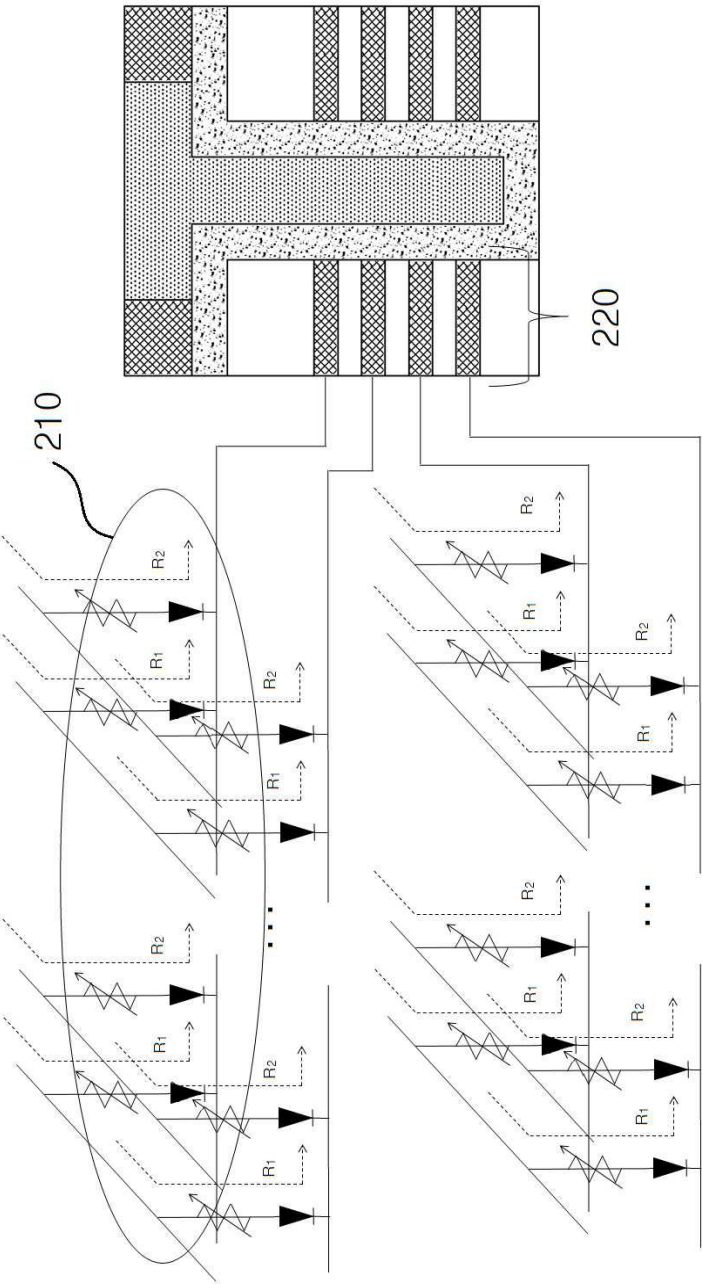


(a)

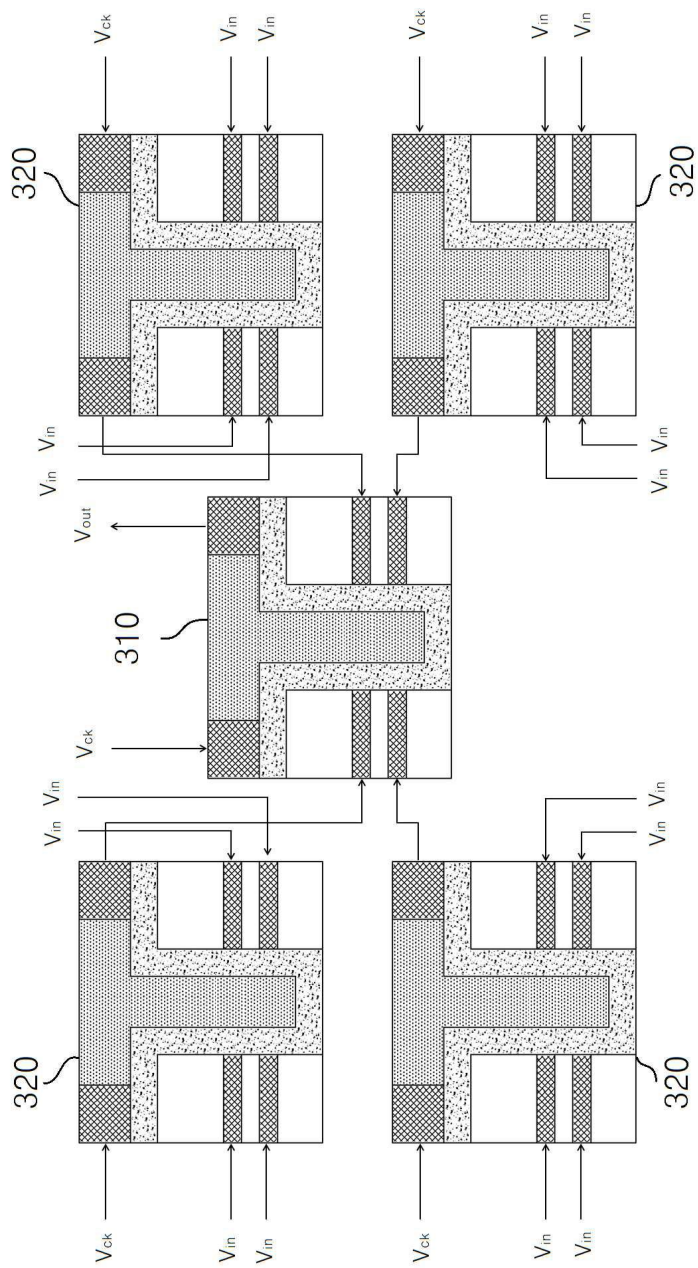


(b)

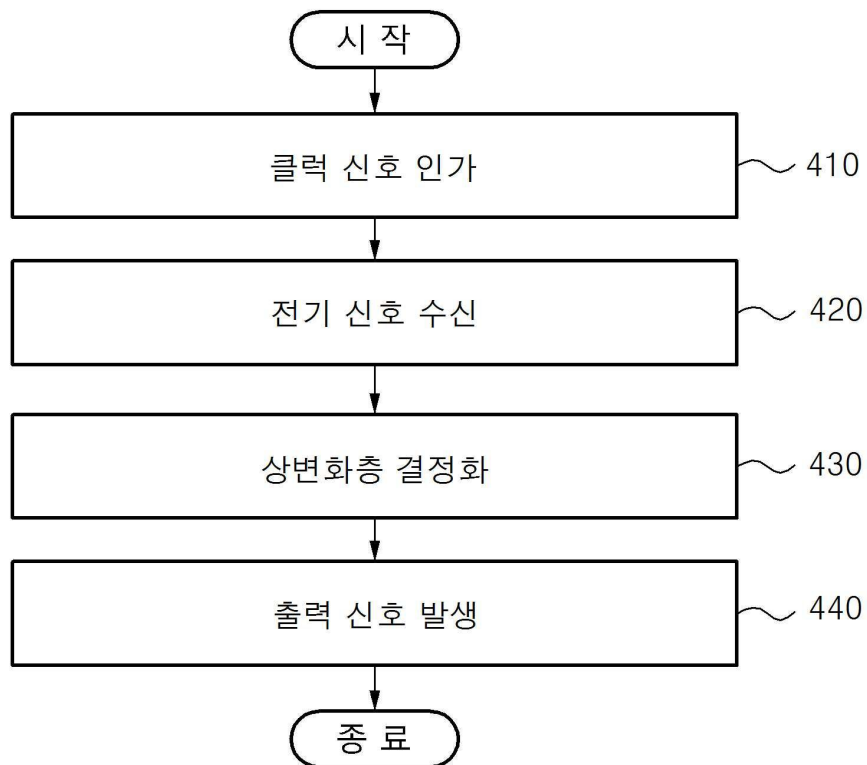
도면2



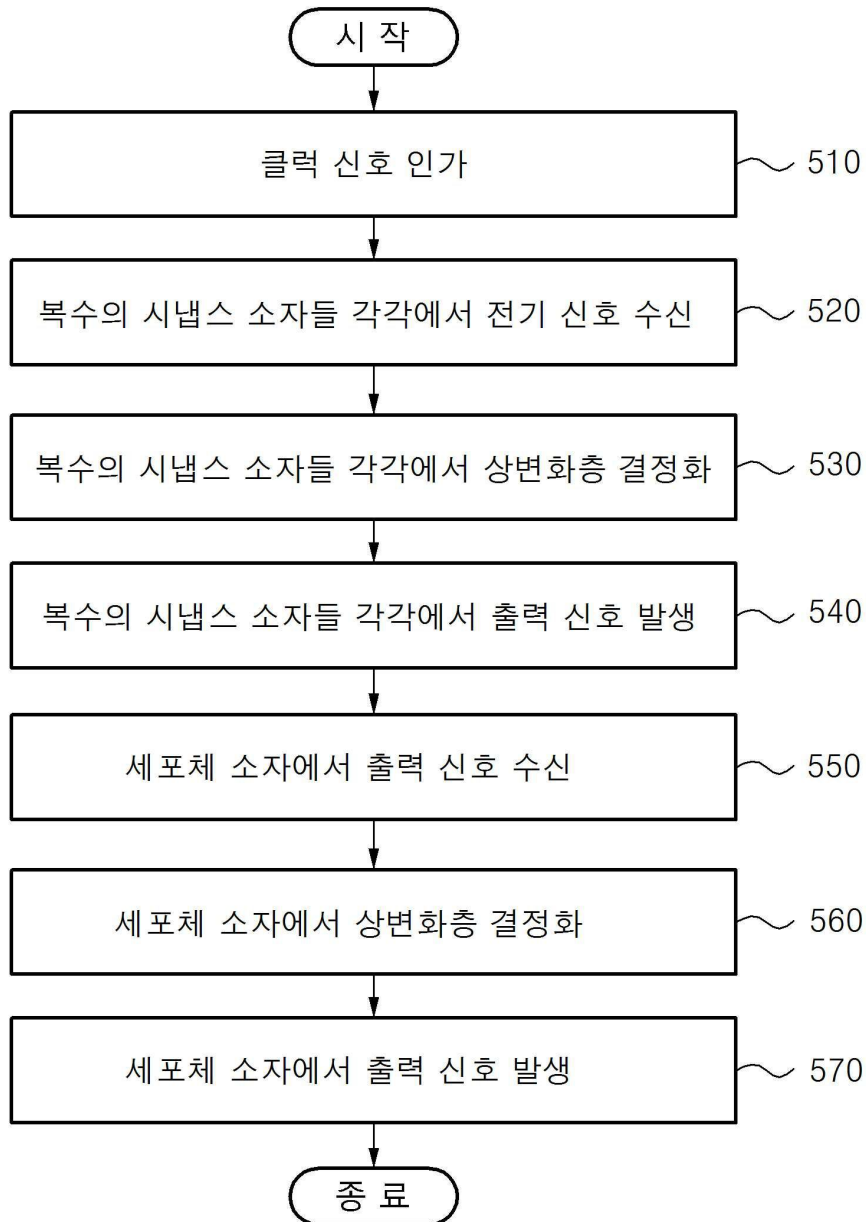
도면3



도면4



도면5



도면6

