



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0134238
(43) 공개일자 2023년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/12 (2006.01) G01N 33/00 (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/129 (2013.01)
G01N 27/125 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0031295
(22) 출원일자 2022년03월14일
심사청구일자 2022년03월14일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
전성찬
서울특별시 종로구 진흥로 438-10, 2동 401호 (구기동, 동진스위트빌라)
황윤지
서울특별시 서대문구 연희로5길 16-13, 708호 (연희동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이름리온

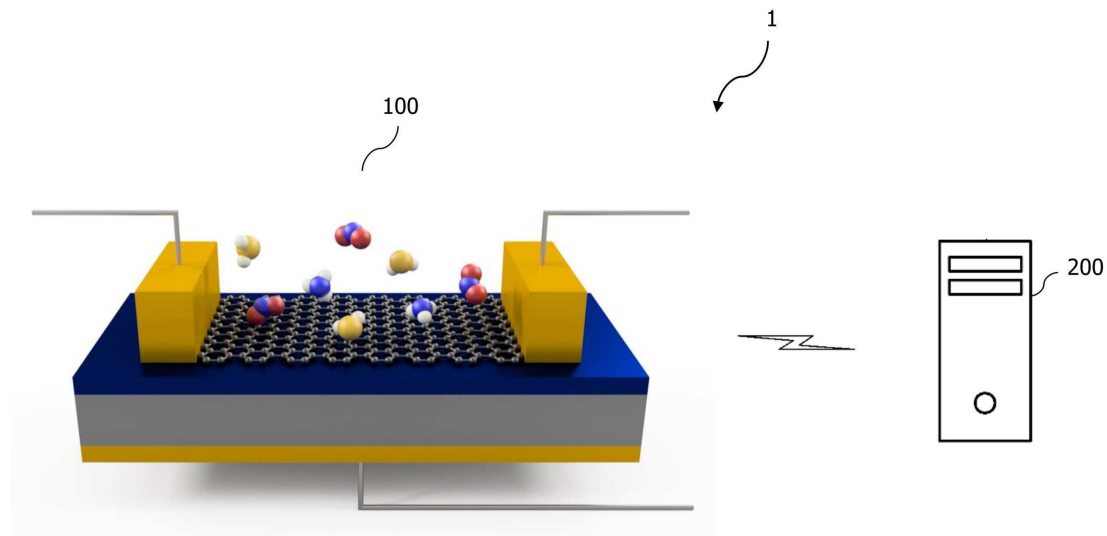
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 딥러닝 기반 가스 센싱 시스템 및 가스 센싱 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 기반 가스 센싱 시스템에 있어서, 가스 주입 후 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 가스 신호를 측정하는 가스 센서; 및 상기 가스 센서로부터 수신한 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 신호 특성을 식별하고, 상기 신호 특성에 따라 상기 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 상기 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별하는 프로세서를 포함하는 가스 판별 장치;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 33/0027 (2013.01)

G06N 3/08 (2023.01)

(72) 발명자

성진

서울특별시 서대문구 연세로5가길 16, 302호(창천동)

하지상

경기도 하남시 미사강변서로 45, 2207동 601호 (풍산동, 미사강변동원로얄듀크)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711135294

과제번호 2017M3A7B4041988

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 나노 융복합 소재를 이용한 어레이 기반 VOCs 센싱

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

딥러닝 기반 가스 센싱 시스템에 있어서,

가스 주입 후 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 가스 신호를 측정하는 가스 센서; 및

상기 가스 센서로부터 수신한 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 신호 특성을 식별하고,

상기 신호 특성에 따라 상기 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 상기 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별하는 프로세서를 포함하는 가스 판별 장치;

를 포함하는 가스 센싱 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하고,

상기 전압에 따른 전류를 나타내는 트랜스퍼 커브의 피크점이 나타나는 전압값의 변화, 상기 피크점에 대응하는 전류값의 변화, 상기 트랜스퍼 커브의 폭 변화 및 상기 트랜스퍼 커브의 기울기 변화 중 적어도 하나에 기초하여 상기 신호 특성을 식별하는 가스 센싱 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하고,

상기 전압에 따른 전류에 관한 데이터 및 상기 데이터에 대응하는 상기 가스의 종류 및 비율을 학습데이터로 학습하여 상기 딥러닝 모델을 생성하는 가스 센싱 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 가스 센서는,

기판;

상기 기판 상에 배치되어 상기 가스가 흡착 및 탈착 가능한 물질로 이루어진 유기반도체층;

상기 유기반도체층의 양쪽 상단의 일 영역 위에 각각 배치되는 소스 전극 및 드레인 전극;

상기 전압이 인가되는 게이트 전극;을 포함하는 가스 센싱 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 가스 센서는,

상기 게이트 전극의 전압에 따라 상기 유기반도체층에 상기 가스가 흡착 및 탈착하면서 발생하는 상기 가스 신호를 측정하는 가스 센싱 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 가스 센서는,

상기 게이트 전극이 상기 기판 아래에 배치되는 바텀 게이트형 가스 센서인 것을 특징으로 하는 가스 센싱 시스템.

청구항 7

가스 판별 장치에 의한 딥러닝 기반 가스 센싱 방법에 있어서,

가스 주입 후 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 측정된 가스 신호를 가스 센서로부터 수신하는 단계;

상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 신호 특성을 식별하는 단계;

상기 신호 특성에 따라 상기 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 상기 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별하는 단계;를 포함하는 가스 센싱 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 신호 특성을 식별하는 단계는,

상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하는 단계;

상기 전압에 따른 전류를 나타내는 트랜스퍼 커브의 피크점이 나타나는 전압값의 변화, 상기 피크점에 대응하는 전류값의 변화, 상기 트랜스퍼 커브의 폭 변화 및 상기 트랜스퍼 커브의 기울기 변화 중 적어도 하나에 기초하여 상기 신호 특성을 식별하는 단계;를 포함하는 가스 센싱 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 가스 정보를 식별하는 단계는,

상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하는 단계;

상기 전압에 따른 전류에 관한 데이터 및 상기 데이터에 대응하는 상기 가스의 종류 및 비율을 학습데이터로 학습하여 상기 딥러닝 모델을 생성하는 단계;를 포함하는 가스 센싱 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 가스 센서는,

기판;

상기 기판 상에 배치되어 상기 가스가 흡착 및 탈착 가능한 물질로 이루어진 유기반도체층;

상기 유기반도체층의 양쪽 상단의 일 영역 위에 각각 배치되는 소스 전극 및 드레인 전극;

상기 전압이 인가되는 게이트 전극;을 포함하는 가스 센싱 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 가스 신호를 수신하는 단계는,

상기 가스 센서가 상기 게이트 전극의 전압에 따라 상기 유기반도체층에 상기 가스가 흡착 및 탈착하면서 발생 하는 상기 가스 신호를 측정하는 단계;를 포함하는 가스 센싱 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 가스 센서는,

상기 게이트 전극이 상기 기판 아래에 배치되는 바텀 게이트형 가스 센서인 것을 특징으로 하는 가스 센싱 방법.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 딥러닝 기반 가스 센싱 시스템 및 가스 센싱 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가스 센서는 반도체식, 전기용량식, 광학식, 촉매연소식, 표면음향파식 그리고 전기화학식 등 작동방식을 기준으로 크게 6가지 종류로 나눌 수 있으며, 현재 가장 널리 이용되는 가스 센서는 전기화학식 가스 센서와 반도체식 가스 센서이다.

[0003] 전기화학식 가스 센서는 전해질 내 양극과 음극 사이 화학반응이 일어나면, 이때 발생하는 전류를 측정하는 방식이다. 가스 분자가 전극과 전해질 계면에서 일정한 전위가 발생하고, 전류는 가스 농도에 비례하여 나타나기 때문에 이를 통해 가스의 종류 및 농도를 측정할 수 있다.

[0004] 반도체식 가스 센서는 주로 200~400℃ 고온으로 가열해서 사용할 수 있으며, 가스가 접촉했을 때 일어나는 센서의 전기전도도의 변화를 이용하는 것이 일반적이다. 이때 발생하는 고체 표면의 저항 변화를 정성 또는 정량적으로 측정하여 가스의 종류 및 농도를 구분할 수 있다.

[0005] 반도체식 가스 센서는 전기화학적 가스 센서에 비해 비교적 작동원리가 간단하고, 제작 공정이 쉬우며, 단가가 낮고, 호환성이 뛰어나다는 장점이 있지만, 여전히 신뢰성이 부족하고, 특정 가스에 대한 선택도가 낮기 때문에 혼합가스를 식별하기에 어려움이 있다.

[0006] 가스 감응 선택도 및 신뢰성을 높이기 위해 첨단 나노 물질을 활용한 센서 어레이가 다수 개발되고 있으며, 이러한 기술은 딥러닝과 결합하여 가스 종류 및 농도를 판별한다면 좀 더 신뢰성 있는 센싱이 가능할 것으로 기대된다.

[0007] 기존 가스 센서는 가스에 대한 반응성을 시간에 대해 측정하는 경우가 많다. 가스의 유입과 유출 시간에 맞춰 센서로부터의 반응성을 측정하면 반응 정도가 가스 별로 다르게 나타나게 되며, 이는 가스의 고유한 특성이 되므로 센서로부터의 전기 신호를 통한 가스 종류의 판별이 가능하다.

[0008] 다만, 시간에 따른 반응성을 통해 가스 종류의 판별을 수행하는 경우, 시간이 지남에 따라 반응성이 낮아질 수 있고, 반응성이 낮은 가스이거나, 반응에 상당한 시간이 필요한 경우 가스를 감지하는 데 시간이 걸릴 수 있다.

발명의 내용**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명의 목적은 보다 신뢰도 높게 가스의 종류를 식별하는 가스 센싱 시스템 및 가스 센싱 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 목적은 보다 신속하게 가스의 종류를 식별하는 가스 센싱 시스템 및 가스 센싱 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 목적은 가스의 종류뿐 아니라 가스의 종류 별 비율을 식별하는 가스 센싱 시스템 및 가스 센싱 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 기반 가스 센싱 시스템에 있어서, 가스 주입 후 연속적으로 증가하는 전압

을 인가하면서 가스 신호를 측정하는 가스 센서; 및 상기 가스 센서로부터 수신한 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 신호 특성을 식별하고, 상기 신호 특성에 따라 상기 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 상기 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별하는 프로세서를 포함하는 가스 판별 장치;를 포함한다.

[0013] 상기 프로세서는, 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하고, 상기 전압에 따른 전류를 나타내는 트랜스퍼 커브의 피크점이 나타나는 전압값의 변화, 상기 피크점에 대응하는 전류값의 변화, 상기 트랜스퍼 커브의 폭 변화 및 상기 트랜스퍼 커브의 기울기 변화 중 적어도 하나에 기초하여 상기 신호 특성을 식별할 수 있다.

[0014] 상기 프로세서는, 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하고, 상기 전압에 따른 전류에 관한 데이터 및 상기 데이터에 대응하는 상기 가스의 종류 및 비율을 학습데이터로 학습하여 상기 딥러닝 모델을 생성할 수 있다.

[0015] 상기 가스 센서는, 기관; 상기 기관 상에 배치되어 상기 가스가 흡착 및 탈착 가능한 물질로 이루어진 유기반도체층; 상기 유기반도체층의 양쪽 상단의 일 영역 위에 각각 배치되는 소스 전극 및 드레인 전극; 상기 전압이 인가되는 게이트 전극;을 포함할 수 있다.

[0016] 상기 가스 센서는, 상기 게이트 전극의 전압에 따라 상기 유기반도체층에 상기 가스가 흡착 및 탈착하면서 발생하는 상기 가스 신호를 측정할 수 있다.

[0017] 상기 가스 센서는, 상기 게이트 전극이 상기 기관 아래에 배치되는 바텀 게이트형 가스 센서일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 판별 장치에 의한 딥러닝 기반 가스 센싱 방법에 있어서, 가스 주입 후 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 측정한 가스 신호를 가스 센서로부터 수신하는 단계; 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 신호 특성을 식별하는 단계; 상기 신호 특성에 따라 상기 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 상기 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별하는 단계;를 포함한다.

[0019] 상기 신호 특성을 식별하는 단계는, 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하는 단계; 상기 전압에 따른 전류를 나타내는 트랜스퍼 커브의 피크점이 나타나는 전압값의 변화, 상기 피크점에 대응하는 전류값의 변화, 상기 트랜스퍼 커브의 폭 변화 및 상기 트랜스퍼 커브의 기울기 변화 중 적어도 하나에 기초하여 상기 신호 특성을 식별하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 가스 정보를 식별하는 단계는, 상기 가스 신호로부터 상기 전압에 따른 전류를 식별하는 단계; 상기 전압에 따른 전류에 관한 데이터 및 상기 데이터에 대응하는 상기 가스의 종류 및 비율을 학습데이터로 학습하여 상기 딥러닝 모델을 생성하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 가스 신호를 수신하는 단계는, 상기 가스 센서가 상기 게이트 전극의 전압에 따라 상기 유기반도체층에 상기 가스가 흡착 및 탈착하면서 발생하는 상기 가스 신호를 측정하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 딥러닝 기술을 이용하여 보다 신뢰도 높게 가스의 종류 및 가스 비율을 식별할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 보다 신속하게 가스의 종류 및 가스 비율을 식별할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 2 이상의 혼합 가스에서의 가스 종류의 선택적 분류가 가능하다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 가스의 종류와 인가되는 전압의 크기에 따라 나타나는 전기 신호가 다르기 때문에, 딥러닝 기술을 이용하여 파악한 가스 별 전기 신호의 양상을 측정되는 가스 신호에 적용하여 가스의 종류를 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템을 도시한 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센서를 제작하는 모습을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 판별 장치의 동작 흐름도를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랜스퍼 커브를 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 모델을 학습하는 가스 판별 장치의 동작 흐름도를 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센서의 가스 주입 모습을 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템의 모델 성능 검증을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략할 수 있고, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성 요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 사용할 수 있다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템을 도시한 개략도이다.
- [0029] 도 1에 도시된 가스 센싱 시스템(1)(이하, 시스템(1)이라 한다.)은 가스 센서(100)와 가스 판별 장치(200)를 포함한다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센서(100)는 반도체식 가스 센서로, 보다 구체적으로 전계 효과 트랜지스터형(FET, Field Effect Transistor) 가스 센서이다. 본 발명에 따른 반도체식 가스 센서는 뛰어난 감도와 선택성을 갖는다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 가스 센서(100)에 가스가 주입되는 경우, 가스 센서의 게이트 전극에 연속적으로 증가하는 전압(이하, 스윕 전압이라고도 한다.)을 인가하고, 인가되는 전압에 따라 가스 센서의 센싱면에 주입된 가스의 분자들이 흡착과 탈착을 반복하면서 발생하는 가스 신호를 측정할 수 있다.
- [0032] 이때, 가스 분자들이 흡착과 탈착을 하는 센싱면은 산화금속(Metal Oxide), 그래핀(Graphene), 탄소나노튜브(CNT) 등을 이용하여 형성되는 유기반도체층을 의미한다.
- [0033] 보다 구체적인 가스 센서(100)의 구조 및 제작 방법에 대해서는 도 3을 참조하여 설명한다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 판별 장치(200)는 가스 센서(100)가 측정한 가스 신호를 이용하여 실제 가스 센서(100)에 주입된 가스를 판별하는 장치로써, 컴퓨터, 서버 등으로 구현될 수 있다.
- [0035] 본 발명에서는 가스 신호의 신호 특성을 딥러닝을 이용하여 학습하고, 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 실제 가스 센서(100)에 주입된 가스의 종류 및 비율을 식별하는 방법에 대해 제안한다.
- [0036] 본 발명에서는, 게이트 전압을 이용하여 단일 및 혼합 가스의 식별이 가능하며, 시간을 이용한 측정보다 빠른 반응 특성 결과를 얻는 것이 가능하다. 또한 효율적인 딥러닝 모델을 접목하여 다양한 비율로 혼합된 혼합 가스에 대한 가스 종류 판별 또한 가능하므로 더 넓은 분야에서의 활용이 가능하다.
- [0037] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템의 구성 및 동작에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 판별 장치(200)는 입력부(210), 통신부(220), 표시부(230), 메모리(240) 및 프로세서(250)를 포함한다.
- [0040] 입력부(210)는 가스 판별 장치(200)의 사용자 입력에 대응하여 입력데이터를 발생시킨다. 사용자 입력은 가스 정보의 식별에 관한 사용자 입력을 포함할 수 있다. 가스 정보 식별에 관한 사용자 입력은, 예를 들어, 딥러닝 모델을 형성하기 위한 레이어 구성, 파라미터에 대한 입력 등 가스 정보 식별과 관련된 입력이라면 제한 없이 적용 가능하다.
- [0041] 입력부(210)는 적어도 하나의 입력수단을 포함한다. 입력부(210)는 키보드(key board), 키패드(key pad), 돔 스

위치(dome switch), 터치패널(touch panel), 터치 키(touch key), 마우스(mouse), 메뉴 버튼(menu button) 등을 포함할 수 있다.

[0042] 통신부(220)는 데이터를 수신하기 위해 가스 센서(100) 등 외부장치와의 통신을 수행한다. 이를 위해, 통신부(220)는 5G(5th generation communication), LTE-A(long term evolution-advanced), LTE(long term evolution), Wi-Fi(wireless fidelity) 등의 통신을 수행할 수 있다.

[0043] 표시부(230)는 가스 판별 장치(200)의 동작에 따른 표시 데이터를 표시한다. 표시부(230)는 가스 정보 식별에 관한 표시데이터를 표시할 수 있다. 가스 정보 식별에 관한 표시데이터란, 예를 들어, 입력데이터를 입력하기 위한 화면, 진행 상황을 표시하는 화면, 식별한 가스 정보를 표시하는 화면 등 가스 정보 식별과 관련된 표시데이터라면 제한 없이 적용 가능하다.

[0044] 표시부(230)는 액정 디스플레이(LCD; liquid crystal display), 발광 다이오드(LED; light emitting diode) 디스플레이, 유기 발광 다이오드(OLED; organic LED) 디스플레이, 마이크로 전자기계 시스템(MEMS; micro electro mechanical systems) 디스플레이 및 전자 종이(electronic paper) 디스플레이를 포함한다. 표시부(230)는 입력부(210)와 결합되어 터치 스크린(touch screen)으로 구현될 수 있다.

[0045] 메모리(240)는 가스 판별 장치(200)의 동작 프로그램들을 저장한다. 메모리(240)는 전원의 제공 유무와 무관하게 데이터(정보)를 보존할 수 있는 비휘발성 속성의 스토리지(storage)와, 프로세서(250)에 의해 처리되기 위한 데이터가 로딩되며 전원이 제공되지 않으면 데이터를 보존할 수 없는 휘발성 속성의 메모리(memory)를 포함한다. 스토리지에는 플래시메모리(flash-memory), HDD(hard-disc drive), SSD(solid-state drive) ROM(Read Only Memory) 등이 있으며, 메모리에는 버퍼(buffer), 램(RAM; Random Access Memory) 등이 있다.

[0046] 메모리(240)는 가스 센서(100)로부터 수신한 정보 등을 저장할 수 있다. 또한, 메모리(240)는 신호 특성에 따라 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 관한 정보를 저장할 수 있다.

[0047] 프로세서(250)는 프로그램 등 소프트웨어를 실행하여 가스 판별 장치(200)의 적어도 하나의 다른 구성요소(예: 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소)를 제어할 수 있고, 다양한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있다.

[0048] 한편, 프로세서(250)는 가스 센서(100)로부터 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 측정된 가스 신호를 수신하고, 수신한 가스 신호로부터 전압에 따른 신호 특성을 식별하고, 신호 특성에 따라 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 수신한 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별할 수 있다.

[0049] 이때, 프로세서(250)는 가스 센서(100)로부터 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 측정된 가스 신호를 수신하고, 수신한 가스 신호로부터 전압에 따른 신호 특성을 식별하고, 신호 특성에 따라 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 수신한 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별하기 위한 데이터 분석, 처리, 및 결과 정보 생성 중 적어도 일부를 규칙 기반 또는 인공지능(Artificial Intelligence) 알고리즘으로서 기계학습, 신경망 네트워크(neural network), 또는 이를 이용한 딥러닝 알고리즘 중 적어도 하나를 이용하여 수행할 수 있다. 신경망 네트워크의 예로는, CNN (Convolutional Neural Network), DNN (Deep Neural Network), RNN (Recurrent Neural Network)과 같은 모델을 포함할 수 있다.

[0050] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센서를 제작하는 모습을 도시한 도면이다.

[0051] 도 3에 도시된 화살표 순으로 가스 센서(100)의 제작 방법을 설명한다.

[0052] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 기판(110)은 센서 활성 채널과 감지 전극을 지지할 수 있는 것이라면 제한되지 않으며, SiO₂ 및 Si 질화물, 세라믹, 플라스틱 기판 등으로부터 선택될 수 있다. 기판(110)이 산화막을 형성하는 성질이 있는 물질, 예를 들어, Si와 같은 물질로 이루어진 경우, 기판층(111)과 기판산화막층(112)으로 이루어질 수 있다. 이하, 설명의 편의상 이들을 묶어서 기판(110)이라 한다.

[0053] 그 다음, 고감도 가스 센서(100)를 제작하기 위하여 기판(110) 상에 유기반도체층(120)을 배치한다. 유기반도체층(120)은 앞서 서술한 바와 같이, 가스가 흡착 및 탈착 가능한 물질로 이루어질 수 있으며, 예를 들어, 산화금속, 그래핀, 탄소나노튜브 등으로 형성될 수 있다.

[0054] 이때, 유기반도체층(120)이 그래핀으로 이루어지는 경우, 화학기상 증착법(CVD, Chemical vapor deposition)으로 제작된 그래핀을 습식 이송(Wet transfer) 방법을 사용하여 기판(110) 위에 전사할 수 있다.

- [0055] 유기반도체층(120)을 형성하고 난 뒤에는, 기판층(111)을 식각하고, 게이트 전극으로 사용할 금속 전극을 고르게 증착해준다. 이때, 게이트 전극은 절연막 아래에 형성하며 Au, Si, Ti 과 같은 소재를 이용하여 균일하고 넓은 층으로 형성될 수 있다.
- [0056] 도 3에 도시된 가스 센서(100)는 게이트 전극(130)이 기판(110) 아래에 배치되는 바텀 게이트형 가스 센서이다. 다만, 게이트 전극(130)이 기판(110) 아래에 배치하는 것은 기판(110)상에 형성된 유기반도체층(120)의 표면적을 넓혀 주입된 가스의 반응성을 높이기 위함일 뿐이므로, 본 발명은 바텀 게이트형 가스 센서에 한정되지 않고, 탑 게이트형 가스 센서에도 얼마든지 적용 가능하다.
- [0057] 탑 게이트형 가스 센서를 구현하고자 하는 경우는, 유기반도체층(120) 위 일 영역에 절연층을 배치하고, 절연층 위에 탑 게이트 전극을 배치함으로써 구현될 수 있을 것이다.
- [0058] 이후, 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)을 유기반도체층(120)의 양쪽 상단의 일 영역 위에 각각 배치된다. 이때, 탑 게이트 전극형 가스 센서의 경우, 탑 게이트 전극과 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)은 서로 다른 유기반도체층(120)의 일 영역에 배치된다.
- [0059] 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)을 형성하기 위해 전자빔 리소그래피(e-beam lithography) 또는 포토리소그래피(photolithography)를 이용할 수 있으며, 합금 또는 접착금속을 증착하여 형성한다. 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)은 Au, Ag, Al 또는 이들의 합금 그리고 접착성을 향상시키기 위한 Cr, Ti과 같은 접착 금속층으로 형성될 수 있다.
- [0060] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 판별 장치의 동작 흐름도를 도시한 도면이다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(250)는 가스 주입 후 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면서 측정된 가스 신호를 가스 센서(100)로부터 수신할 수 있다(S10).
- [0062] 이때, 가스는 단일 가스, 복수의 가스가 혼합된 가스를 제한하지 않으며, 혼합 가스의 경우 그 비율이 서로 다른 경우도 포함한다.
- [0063] 가스 센서(100)의 게이트 전극(130)에 연속적으로 증가하는 전압을 인가하면, 전압 인가에 따른 유기반도체층(120)의 특성 변화에 따라 가스가 유기반도체층(120)에 흡착 또는 탈착하게 된다.
- [0064] 가스가 유기반도체층(120)에 흡착 또는 탈착하는 과정에서 가스 신호가 변형된다. 보다 구체적으로, 가스는 유기반도체층(120)에서 화학 결합을 통해 전자 혹은 전공을 주고받으며 가스 센서(100) 자체의 저항을 조절하여 각 가스별로 상이한 신호를 형성한다. 가스 신호의 변형의 정도나 후술할 가스 신호의 신호 특성은 유기반도체층(120)을 이루는 물질에 따라 달라질 수 있다.
- [0065] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(250)는 가스 신호로부터 전압에 따른 신호 특성을 식별할 수 있다(S20).
- [0066] 프로세서(250)는 가스 신호로부터 전압에 따른 전류를 식별할 수 있다. 보다 구체적으로, 프로세서(250)는 게이트 전극(130)의 전압(이하, 본 명세서에서 전압이라고도 한다.)에 따른 드레인 전극(150) 및 소스 전극(140) 간 전류(이하, 본 명세서에서 전류라고도 한다.)를 식별할 수 있다. 전압과 전류 간의 관계는 도 5에서 후술할 트랜스퍼 커브(tranfer curve)로 나타낼 수 있다.
- [0067] 전압에 따른 신호 특성이란, 전압과 전류 간의 관계를 도시한 트랜스퍼 커브에서 발견할 수 있는 특성으로, 트랜스퍼 커브의 파형 특징을 포함한다. 다만, 신호 특성은 반드시 트랜스퍼 커브로 나타내야만 식별할 수 있는 것은 아니다. 단지, 트랜스퍼 커브를 통해 직관적으로 신호 특성을 알 수 있을 뿐이다. 본 발명의 딥러닝 모델에서는 전기 신호인 가스 신호를 입력하여 신호 특성을 피쳐(feature)로 추출하여 학습한다.
- [0068] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(250)는 전압에 따른 전류를 나타내는 트랜스퍼 커브의 피크점이 나타나는 전압값의 변화, 피크점에 대응하는 전류값의 변화, 트랜스퍼 커브의 폭 변화 및 트랜스퍼 커브의 기울기 변화 중 적어도 하나에 기초하여 신호 특성을 식별할 수 있다. 이때, 변화는 감지하고자 하는 가스를 주입하기 전과 주입하고 난 후의 변화를 의미할 수 있다. 이때, 트랜스퍼 커브의 기울기 변화는 피크점 전후의 기울기 변화를 의미할 수 있다.
- [0069] 이때, 가스를 주입하기 전에도 게이트 전극(130)에 전압을 인가하는 경우, 산소나 질소와 같이 기본적으로 존재하는 가스들이 반응하여 가스 신호를 획득할 수 있고, 가스 신호를 통해 트랜스퍼 커브를 획득할 수 있다. 이때, 산소나 질소는 가스 센서(100)가 보다 정확한 측정을 하도록 가스를 주입하기 전 가스 센서(100)를 청소하

는 퍼징(purging) 작업에 이용되는 가스일 수 있다. 따라서, 가스를 주입하기 전 획득한 트랜스퍼 커브와 가스를 주입하고 난 후 획득한 트랜스퍼 커브를 비교하여 신호 특성을 식별할 수 있다.

- [0070] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 프로세서(250)는 신호 특성에 따라 가스의 종류 및 비율을 포함하는 가스 정보의 연산을 수행하도록 학습된 딥러닝 모델에 기초하여 수신한 가스 신호에 따른 가스 정보를 식별할 수 있다(S30).
- [0071] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 게이트 전극(130)에 인가되는 전압의 크기에 따라 전류의 크기가 변화하고, 유기반도체층(120)과의 반응 정도에 따라 신호 특성이 달라지므로, 이들을 학습데이터로 학습된 딥러닝 모델을 이용할 수 있다.
- [0072] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 신호 특성에 포함되는 피크값은 데이터의 특징을 추출하여 학습하는 딥러닝 모델을 이용하는 데 효과적이다.
- [0073] 이때, 프로세서(250)가 딥러닝 모델을 학습하거나, 기 학습되어 생성된 딥러닝 모델을 외부로부터 수신 및 저장하여 이용할 수 있으며 어느 하나에 한정되는 것은 아니다. 프로세서(250)가 딥러닝 모델을 학습하는 경우의 동작에 관하여는 도 6 및 도 8과 관련하여 설명한다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 가스의 종류와 인가되는 전압의 크기에 따라 나타나는 전기 신호가 다르기 때문에, 딥러닝 기술을 이용하여 파악한 가스 별 전기 신호의 양상을 측정되는 가스 신호에 적용하여 가스의 종류를 확인할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 딥러닝 기술을 이용하여 보다 신뢰도 높게 가스의 종류 및 가스 비율을 식별할 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 보다 신속하게 가스의 종류 및 가스 비율을 식별할 수 있다.
- [0077] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랜스퍼 커브를 도시한 도면이다.
- [0078] 도 5는 게이트 전극(130)의 전압(Vg)과 드레인 전극(150) 및 소스 전극(140) 간 전류(Ids)의 관계를 나타낸 그래프(500)를 도시한다. 그래프(500)는 가스를 주입하기 전의 트랜스퍼 커브(510)와 가스를 주입하고 난 후의 트랜스퍼 커브(520)를 도시한다.
- [0079] 앞서 도 4의 S20에서 설명한 바와 같이, 트랜스퍼 커브(520)는 가스 신호의 신호 특성을 나타낸다.
- [0080] 예를 들어, 트랜스퍼 커브(520)의 피크점(521)에서 전압은 가스를 주입하기 전 트랜스퍼 커브(510)의 피크점(511)에서 전압보다 높다. 또한, 트랜스퍼 커브(520)의 피크점(521)에서 전류는 가스를 주입하기 전 트랜스퍼 커브(510)의 피크점(511)에서 전류보다 높다. 이 외에도, 직관적으로 판단하기는 어렵지만, 트랜스퍼 커브(510, 520)간의 기울기 변화 등 과형의 양상을 딥러닝으로 학습하여 가스 주입에 따른 신호 특성을 식별할 수 있다.
- [0081] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 가스 센서(100)를 통해 획득한 가스 신호는 트랜스퍼 커브의 피크의 중립점의 전류 변화와 폭 변화 그리고 커브 자체의 오프셋 정도가 다르게 나타나는데, 이는 각 가스의 종류에 따라서 고유한 출력 전압을 가지기 때문이며 이를 통해 가스 종류를 식별할 수 있다. 하지만, 이러한 데이터를 기반으로 인간이 직관적으로 그 위치와 깊이 그리고 변화 양상을 보고 서로 다른 가스 종류를 구별할 수 없기 때문에 딥러닝을 활용한 분석의 필요성을 확인할 수 있다.
- [0082] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 모델을 학습하는 가스 판별 장치의 동작 흐름도를 도시한 도면이다.
- [0083] 본 도면은 도 4의 S30에서 설명한 딥러닝 모델을 프로세서(250)가 학습하는 경우 동작 흐름도를 도시한다.
- [0084] 가스 센서로부터 측정된 가스 신호는 가스의 종류에 따라, 혼합 가스의 경우에는 혼합 가스의 종류와 비율에 따라 특정 게이트 전압에서 피크점이 나타난다. 본 발명의 기술은 이와 같이 가스 신호의 신호 특성을 딥러닝으로 학습 및 판별하는 것으로, 먼저 가스 센서로부터 측정된 가스 신호를 1차원 벡터 형태의 데이터로 저장한다(S31). 이때, 1차원 벡터 형태의 데이터는 가스 신호의 게이트 전극(130)의 전압에 따른 드레인 전극(150) 및 소스 전극(140) 간 전류를 의미하는 것일 수 있다.
- [0085] 그 다음, 데이터를 증강 방식으로 늘린 후 훈련 세트와 테스트 세트로 분할한다(S32).
- [0086] 데이터를 증강 방식으로 늘리는 것은, 데이터의 고유한 특성은 유지하면서 값의 미세한 변화 등을 야기해 데이

터의 수를 늘리는 것이다. 이를 통해, 학습 데이터를 풍부하게 할 수 있으며, 학습의 효과를 극대화한다.

- [0087] 그리고, 가스의 종류 및 비율을 클래스(정답)로 훈련 세트를 이용하여 딥러닝 모델을 학습한다(S33). 이때, 단일 및 혼합 가스는 각각의 케이스별로 원 핫 엔코딩을 통해 클래스(정답)를 부여한다. 딥러닝 모델은 1차원 CNN(Convolutional Neural Network) 기술로 구성되며 컴퓨터 스스로 커널을 통해 스캔하는 과정으로 데이터 특성을 추출한다.
- [0088] 본 발명의 일 실시예에 따른 1차원 CNN 기법은 합성곱을 통해 레이어가 거듭될수록 학습 데이터의 고유한 피크 특성을 식별하면서 피크 부분의 데이터 위주로 입력이 되어 파라미터의 수가 적어지는 바 효율적이다. 이때, 학습 데이터의 고유한 피크 특성은 가스 신호의 신호 특성일 수 있다.
- [0089] 그리고, 테스트 세트를 통해 모델 성능을 검증하고, 이를 기초로 모델을 최적화한다(S34).
- [0090] 학습을 기반으로 최적화된 모델에 테스트 세트를 통해 임의의 단일 및 혼합 가스의 가스 신호를 입력하면 단일 및 혼합 가스의 종류 및 비율을 판별하게 된다. 모델의 성능은 혼돈 행렬(Confusion Matrix)과 정확도(Accuracy)를 통해 검증될 수 있다. 모델 성능 검증에 대한 일 예가 도 8에 도시되어 있다.
- [0091] 또한, 딥러닝 기술의 혼돈 행렬을 이용하여 딥러닝 모델의 성능 검증과 함께 가스 센서(100)의 정확도를 측정할 수 있기 때문에, 가스 센서(100)의 최적화 상태를 확인할 수 있다.
- [0092] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센서의 가스 주입 모습을 도시한 도면이다.
- [0093] 다중 반도체식 가스 센서(100)는 앞서 도 3에서 설명한 가스 신호를 감지하는 FET 소자 이외에도, 가스를 주입하는 공간을 제공하는 챔버, 챔버 내부의 작동온도 및 습도 조건을 조절하는 컨트롤러, 챔버 내에 가스를 주입할 수 있는 MFC(Mass Flow Controller)를 더 포함할 수 있다.
- [0094] 샘플이 로딩된 챔버 내부의 작동온도 및 습도 조건을 컨트롤러를 통해 형성한다. 단일 가스 또는 2이상의 가스가 특정 비율로 섞인 혼합가스를 컨트롤러와 MFC를 통해 챔버 내에 주입한다.
- [0095] 도 7에 도시된 제1상황(710)을 살펴보면, MFC는 챔버 내 가스(711)를 주입하고, 동시에 가스 센서(100)는 게이트 전극(130)에 전압을 인가하고 측정되는 전류 또는 저항값을 조사한다. 이때, 투입된 가스(711)는 그래핀 채널에서 화학 결합을 통해 전자 혹은 전공을 주고받으며 가스 센서(100) 자체의 저항을 조절하여 각 가스별로 상이한 신호를 형성한다.
- [0096] 제2상황(720)은 가스 주입 전, 혹은 가스 주입에 따른 가스 신호 측정 후 챔버 내부를 퍼징하는 상황을 나타낸다. 퍼징 작업을 통해 챔버 내부에 남아있는 잔여 가스(722)들을 제거할 수 있으므로, 보다 정확한 가스 센싱이 가능하다.
- [0097] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 센싱 시스템의 모델 성능 검증을 도시한 도면이다.
- [0098] 도 8은 가스 센서(100)를 통해 측정된 가스 신호를 본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 모델을 이용하여 가스 종류 및 비율을 분석 및 예측한 성능 평가를 나타낸 것이다.
- [0099] 그래프(800)는 서로 다른 가스인 A, B, C 가스를 각각 축으로 두고, 각 가스의 비율에 따른 모델 성능 평가를 나타낸 것이다. 예를 들어, B 가스와 C 가스가 각각 1:3의 비율로 섞인 가스를 주입하여 딥러닝 모델을 평가하였을 때, 딥러닝이 주입된 가스의 종류가 B가스, C가스, 그리고 이들의 비율이 1:3인 경우를 예측한 것이 동그라미(810) 안에 찍혀서 나타날 수 있다. 이때, BC 평면에서 (0.25, 0.75)에 가깝게 찍힐수록 딥러닝 모델의 성능이 좋은 것으로 판단할 수 있다.
- [0100] 이와 같이, 본 발명의 딥러닝 모델을 이용하여 성능 평가를 수행한 결과 그래프(800)처럼 각 정답에 근접하게 표시되는 것을 확인할 수 있다.

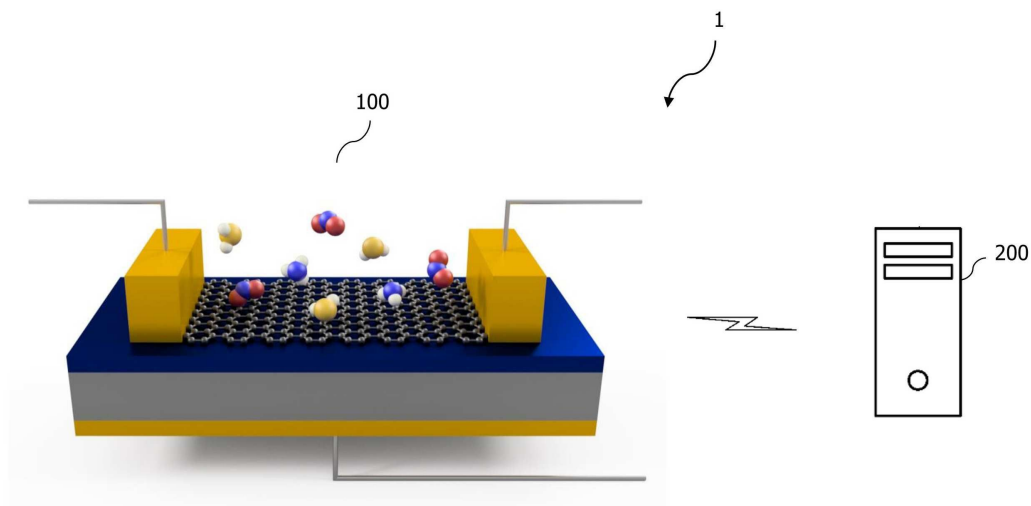
부호의 설명

- [0101] 1: 가스 센싱 시스템
100: 가스 센서
110: 기판
120: 유기반도체층

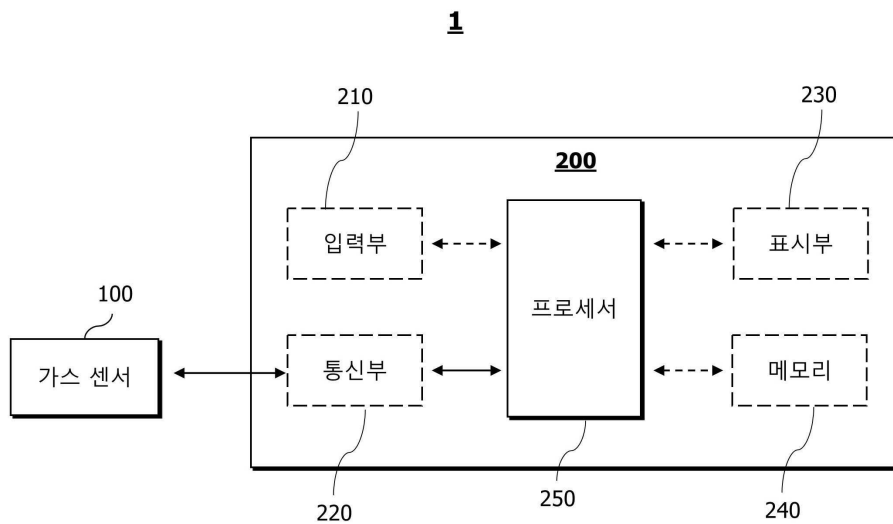
- 130: 게이트 전극
- 140: 소스 전극
- 150: 드레인 전극
- 200: 가스 관별 장치
- 210: 입력부
- 220: 통신부
- 230: 표시부
- 240: 메모리
- 250: 프로세서

도면

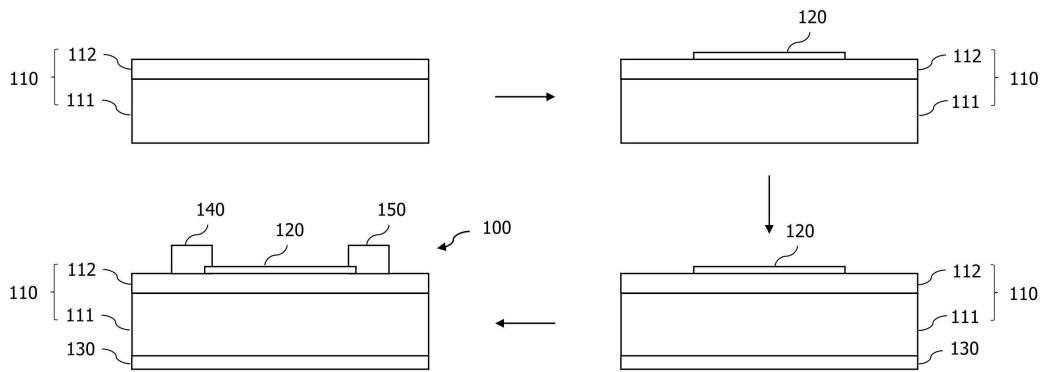
도면1



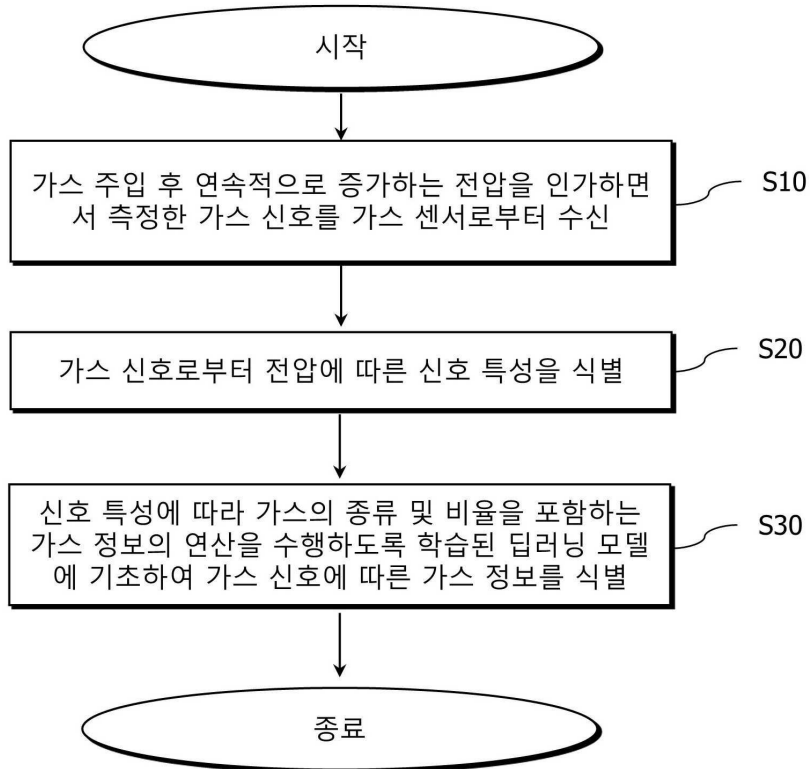
도면2



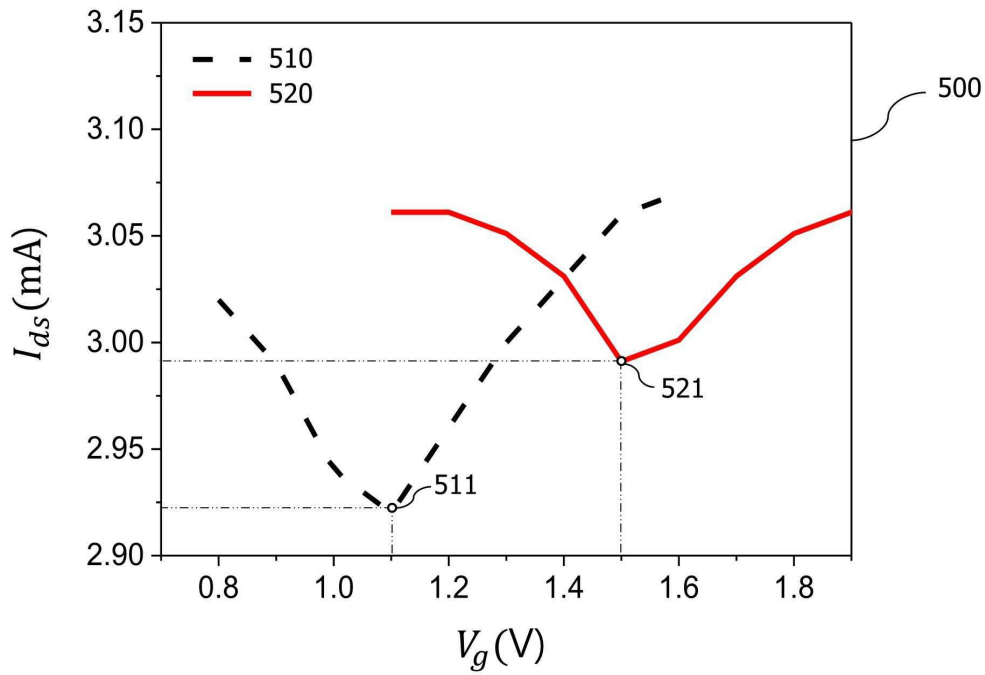
도면3



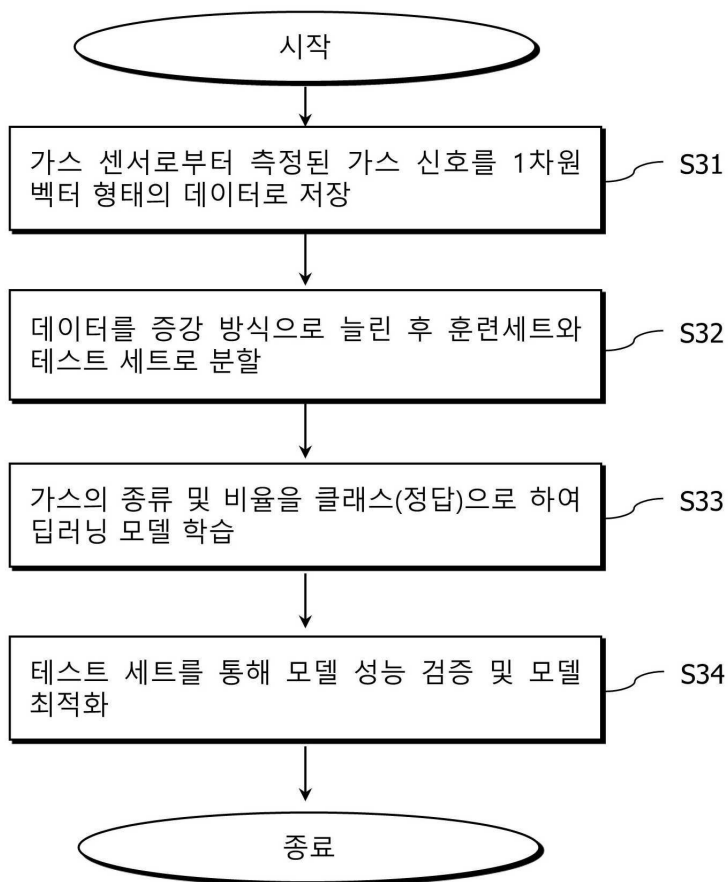
도면4



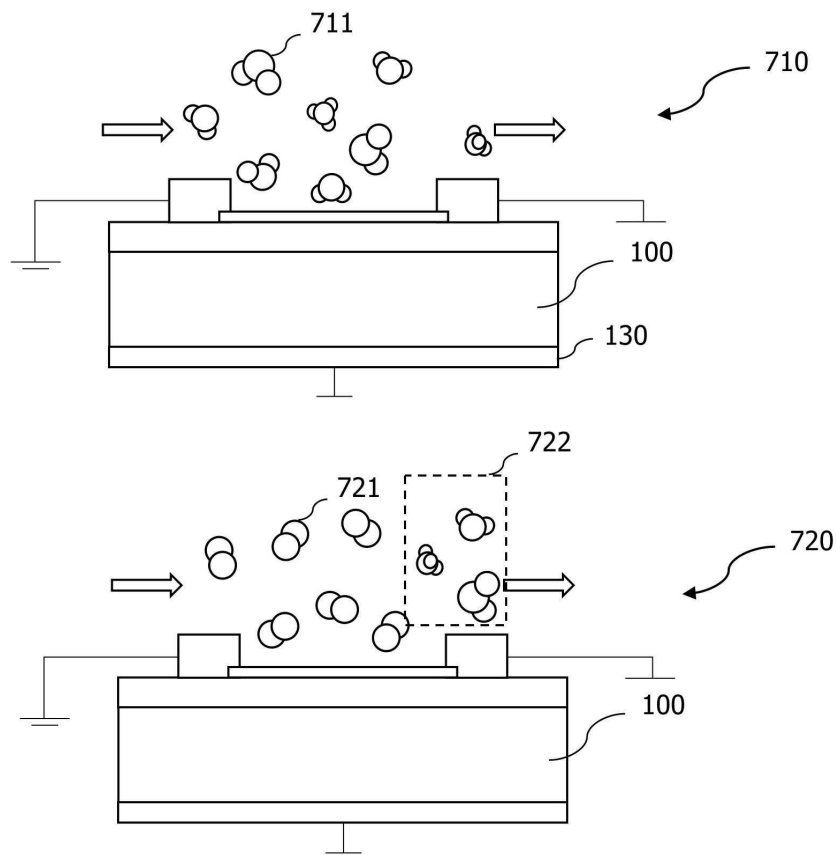
도면5



도면6



도면7



도면8

