(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0051545
(43) 공개일자 2025년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/12 (2006.01) *G01N 33/00* (2006.01)
G06N 3/0464 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/123 (2013.01)
G01N 33/0034 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0073681
(22) 출원일자 2024년06월05일
심사청구일자 2024년06월05일
(30) 우선권주장
1020230134550 2023년10월10일 대한민국(KR)

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
신홍주
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김태중
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

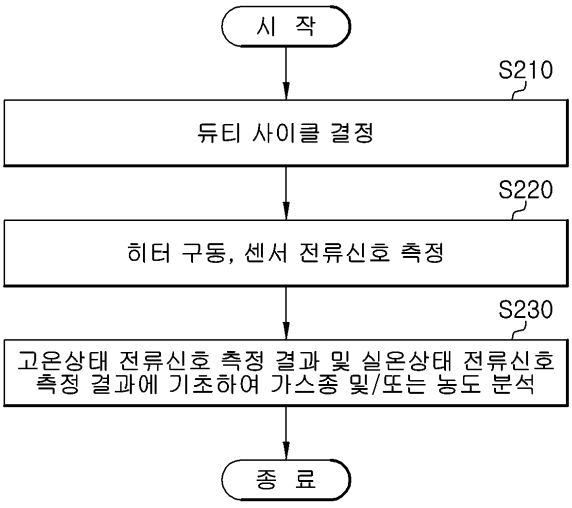
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **듀티 사이클링을 이용한 가스 측정 장치 및 그 측정 방법**

(57) 요 약

일 실시예에 따른 가스 센서의 동작 방법은, 가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하는 단계; 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하는 단계; 및 상기 온/오프 구동에 의한 고온상태의 상기 전류신호를 측정한 결과 및 실온상태의 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06N 3/0464 (2023.01)
(72) 발명자
김용기
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김재준
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415184142
과제번호 00144157
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술기획평가원
연구사업명 시장선도를위한한국주도형K-Sensor기술개발(R&D)
연구과제명 다종센서의 융복합 및 초소형화를 위한 센서 플랫폼 기술 개발
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345366496
과제번호 2020R1A6A1A03040570
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 환경감시 자율무인시스템 연구센터
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

가스 측정 장치가 수행하는 가스 측정 방법으로서,

가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하는 단계;

상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프(on/off) 구동하면서 상기 센서의 전류신호를 측정하는 단계; 및

상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 단계;를 포함하는

가스 측정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 결정하는 단계는, 분석 대상 가스에 대한 반응성, 가스종 분류 정확도, 가스농도 예측 정확도, 상기 히터의 전력 소모 중 적어도 하나를 평가하여 상기 듀티 사이클을 선정하는 단계;를 더 포함하는

가스 측정 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 분석하는 단계는, 상기 센서의 고온상태 대비 실온상태의 가스 감도 상승량에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는

가스 측정 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 분석하는 단계는, 상기 고온상태에서 전류신호를 측정한 결과와 상기 실온상태에서 전류신호를 측정한 결과를 기 학습된 인공신경망 모델에 입력하여, 상기 인공신경망 모델의 출력에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는

가스 측정 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 분석하는 단계는, 상기 고온상태에서 전류신호를 측정한 결과 및 상기 실온상태에서 전류신호를 측정한 결과를 고온상태 응답 특성 그래프 및 실온상태 응답 특성 그래프로 변환하는 전처리 후에 상기 기 학습된 인공신경망 모델에 입력하는

가스 측정 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 인공신경망 모델은 CNN(convolution neural network) 모델을 포함하는

가스 측정 방법.

청구항 7

가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서;

상기 센서를 가열하기 위한 히터; 및

상기 센서 및 상기 히터를 제어하는 컨트롤러;를 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하며, 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하고, 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는

가스 측정 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 듀티 사이클을 결정할 때에 분석 대상 가스에 대한 반응성, 가스종 분류 정확도, 가스농도 예측 정확도, 상기 히터의 전력 소모 중 적어도 하나를 평가하여 상기 듀티 사이클을 선정하는

가스 측정 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 분석할 때에 상기 센서의 고온상태 대비 실온상태의 가스 감도 상승량에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는

가스 측정 장치.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 분석할 때에 상기 고온상태에서 전류신호를 측정한 결과 및 상기 실온상태에서 전류신호를 측정한 결과를 기 학습된 인공신경망 모델에 입력하여, 상기 인공신경망 모델의 출력에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는

가스 측정 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 고온상태에서 전류신호를 측정한 결과 및 상기 실온상태에서 전류신호를 측정한 결과를 고온상태 응답 특성 그래프 및 실온상태 응답 특성 그래프로 변환하는 전처리 후에 상기 기 학습된 인공신경망 모델에 입력하는

가스 측정 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 인공신경망 모델은 CNN 모델을 포함하는

가스 측정 장치.

청구항 13

컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행됨으로써,

가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하고, 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하며, 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 가스 측정 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는

컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 14

컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행됨으로써,

가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하고, 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하며, 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 가스 측정 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는

컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 듀티 사이클링(duty cycling)을 이용한 가스 측정 장치 및 이 가스 측정 장치가 가스를 측정하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에는 실내 공기질에 대한 유해 영역 감지 등 다양한 가스 감지 응용에 대한 요구가 높아지고 있다. 특히, 실시간 무선 모니터링과 저전력 동작이 필요한 경우가 많다.

[0003] 이러한 요구 및 동작 환경에 맞추어 가스 측정 장치로서 금속 산화물 반도체 센서가 널리 사용되고 있으나, 활성화를 위해 열 에너지가 필요하고, 온도 의존성이 높아 높은 소모전력이 요구된다. 또한, 다양한 가스에 복합적으로 반응하는 가스 교차민감도로 인해 정확한 가스 식별이 어려운 문제가 있다. 이는 금속 산화물 반도체 센서에만 한정되는 문제가 아니다.

[0004] 이러한 문제를 극복하기 위해 연구가 계속되고 있지만 장기 동작을 위해서는 서브 밀리와트 수준의 전력 소비를 요구하고 있으며, 교차민감도를 해결하기 위해 여전히 충분히 많은 개수의 센서가 요구된다는 한계가 있다.

[0005] 또한, 소비전력의 한계를 극복하기 위한 대표적인 방안으로는 소형화가 있다. 하지만 사이즈를 줄일수록 공정 집적의 난이도는 점점 증가되기 때문에 또 다른 한계에 봉착된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2023-0134238호, 공개일자 2023년 09월 21일, 딥러닝 기반 가스 센싱 시스템 및 가스 센싱 방법.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 실시예에 따르면, 듀티 사이클링을 이용한 센싱을 통해 두가지 이상의 신호를 검출해 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석함으로써, 저전력 동작을 달성함과 아울러 다수의 가스에 대한 정보 획득이 용이하도록 한 가스 측정 장치 및 그 측정 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 제 1 관점에 따른 가스 측정 장치가 수행하는 가스 측정 방법은, 가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하는 단계; 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프(on/off) 구동하면서 상기 센서의 전류신호를 측정하는 단계; 및 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 단계;를 포함한다.

[0010] 제 2 관점에 따른 가스 측정 장치는, 가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서; 상기 센서를 가열하기 위한 히터; 및 상기 센서 및 상기 히터를 제어하는 컨트롤러;를 포함하고, 상기 컨트롤러는, 상기 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하며, 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하고, 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석한다.

[0011] 제 3 관점에 따른 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체는, 상기 컴퓨터 프로그램이, 프로세서에 의해 실행됨으로써, 가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하고, 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하며, 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 가스 측정 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함한다.

[0012] 제 4 관점에 따른 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램은, 상기 컴퓨터 프로그램이, 프로세서에 의해 실행됨으로써, 가스 접촉에 따라 전류신호가 변화하는 센서를 가열하기 위한 히터에 대하여 듀티 사이클을 결정하고, 상기 결정한 듀티 사이클로 상기 히터를 반복적으로 온/오프 구동하면서 상기 센서의 상기 전류신호를 측정하며, 상기 센서의 고온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과 및 상기 센서의 실온상태에서 상기 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 상기 센서에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석하는 가스 측정 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 실시예에 따르면, 듀티 사이클링을 이용한 센싱을 통해 두가지 이상의 신호를 검출해 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석한다.

[0014] 이로써, 소모전력을 감소시켜 저전력 동작을 달성한다. 아울러, 히터에 전력을 공급하는 시간의 조정을 통해 다양한 스위칭 조건에서 센서 최적화를 수행할 수 있다.

[0015] 또한, 듀티 사이클링을 통해 다수의 가스에 대한 정보 획득이 용이해져 가스종 및/또는 농도 분석의 정확성을 제고하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 동작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 히터를 위한 듀티 사이클의 예시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 히터 가열에 의한 실온상태 및 고온상태의 센서 신호 파형도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 히터 가열에 의한 실제 실온상태 및 고온상태의 센서를 통한 전류신호 측정 결과이다.

도 6a 내지 도 6d는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 주입 및 제거에 따른 센서의 전류신호 변화 측정 결과를 보인 그래프들이다.

도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 4종의 가스에 대한 센싱 결과를 분석한 결과이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 분석된 가스종 분류의 정확도를 다양한 듀티 사이크링 모드에 대해 비교한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 분석된 가스종 분류의 손실률을 다양한 듀티 사이크링 모드에 대해 비교한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 분석된 가스농도의 회귀분석 손실률을 다양한 듀티 사이크링 모드에 대해 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 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.

[0018] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0019] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0020] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함'한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[0021] 또한, 명세서에서 사용되는 '부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA나 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '부'는 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. 구성요소들과 '부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '부'들로 더 분리될 수 있다.

[0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 구성도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 가스 측정 장치(100)는 센서(110), 히터(120) 및 컨트롤러(130)를 포함한다.

[0025] 센서(110)는 히터(120)에 의해 가열될 수 있고, 고정 전압 인가에 따른 전류신호가 가스 접촉에 따라 변화된다. 예를 들어, 센서(110)는 금속 산화물(metal oxide) 반도체 센서일 수 있으나 이에 한정되지 않는다. 예컨대, 금

속 산화물 반도체 센서는 일산화탄소, 수소, 이산화질소, 메탄 등을 포함하여 다양한 종류의 가스를 검출할 수 있다.

[0026] 히터(120)는 컨트롤러(130)의 제어신호에 따라 구동해 센서(110)를 가열한다. 예를 들어, 히터(120)는 컨트롤러(130)로부터 제공되는 듀티 사이클링 제어신호에 따라 히터에 대한 전력 공급을 반복적으로 온/오프(on/off)하면서 센서(110)를 가열해 온도를 상승시킬 수 있다.

[0027] 듀티 사이클은 한 사이클 시간 대비 히터에 전력을 공급하는 시간(도 3에서 t_{on})의 비로 정의할 수 있다. 컨트롤러(130)는 히터(120)에 대하여 듀티 사이클을 결정하며, 결정한 듀티 사이클로 히터(120)를 반복적으로 온/오프 구동하면서 센서(110)의 전류신호를 측정하고, 히터(120)의 온/오프 구동에 의한 고온상태(즉 히터(120)에 전력을 인가하여 센서(110)가 가열된 상태)의 센서(110)의 전류신호를 측정한 결과 및 실온상태(즉 히터(120)에 대한 전력공급이 중단되어 센서(110)가 냉각된 상태)에서의 센서(110)의 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종과 농도 중 적어도 하나를 분석한다. 가스에 접촉되지 않았을 때 센서(110)의 저항 값(Ro)과 가스에 접촉되었을 때 센서(110)의 저항 값(Rs)의 비 또는 변화량의 비를 가스 반응성으로 정의할 수 있고, 이러한 가스 반응성을 이용하여 현재 가스 농도를 측정할 수 있다.

[0028] 이러한 컨트롤러(130)는 히터(120)를 제어하기 위한 듀티 사이클을 결정할 때에 분석 대상 가스에 대한 반응성, 가스종 분류 정확도, 가스농도 예측 정확도, 히터의 전력 소모 등을 평가하여 대상 가스에 대응하는 듀티 사이클을 선정할 수 있다.

[0029] 그리고, 컨트롤러(130)는 가스종 및/또는 농도를 분석할 때에 고온상태 대비 실온상태의 가스 감도 상승량에 기초하여 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다.

[0030] 한편, 컨트롤러(130)는 가스종 및/또는 농도를 분석할 때에 고온상태의 전류신호 측정 결과 및 실온상태의 전류신호 측정 결과를 기 학습된 인공신경망 모델에 입력하여, 인공신경망 모델의 출력에 기초하여 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다. 여기서, 컨트롤러(130)는 고온상태의 전류신호 측정 결과 및 실온상태의 전류신호 측정 결과를 고온상태 응답 특성 그래프 및 실온상태 응답 특성 그래프로 변환하는 전처리 할 수 있고, 전처리된 고온상태 응답 특성 그래프 및 실온상태 응답 특성 그래프를 기 학습된 인공신경망 모델에 입력해 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다. 예를 들어, 인공신경망 모델은 CNN(convolutional neural network) 모델을 포함할 수 있다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 동작 방법을 설명하기 위한 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 히터를 위한 듀티 사이클의 예시도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 듀티 사이클을 통한 히터의 주기적인 작동과 이를 통한 실온상태 및 고온상태의 센서 신호 파형도이다. 이 때, 센서가 고온상태로 가열되거나 실온으로 냉각되기 위해 추가적인 시간이 필요할 수 있다.

[0032] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치의 히터 가열에 의한 실제 실온상태 및 고온상태의 센서의 전류신호 측정 결과이고, 도 6a 내지 도 6d는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서를 통한 가스에 의한 전류신호 측정 결과를 보인 그래프들이다. 도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 4종의 가스에 대한 센싱 결과를 분석한 결과이다.

[0033] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 분석된 가스종 분류의 정확도를 다양한 듀티 사이크링 모드에 대해 비교한 그래프이다. 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 분석된 가스종 분류의 손실률을 다양한 듀티 사이크링 모드에 대해 비교한 그래프이다. 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 분석된 가스농도의 회귀분석 손실률을 다양한 듀티 사이크링 모드에 대해 비교한 그래프이다.

[0034] 이하, 도 1 내지 도 10을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치가 수행하는 가스 측정 방법에 대해 자세히 살펴보기로 한다.

[0035] 먼저, 가스 측정 장치(100)의 컨트롤러(130)는 히터(120)에 대하여 듀티 사이클을 결정하며(S210), 결정한 듀티 사이클을 갖는 듀티 사이클링 제어신호를 인가해 히터(120)를 온/오프 구동하면서 센서(110)의 전류신호를 측정한다(S220).

[0036] 도 3에 예시한 바와 같이 히터(120)의 한 사이클 시간 대비 히터에 전력을 공급하는 시간 (도 3에서 t_{on})의 비로

정의될 수 있는 듀티 사이클은 50%, 75% 및 25% 등을 포함하여 다양한 값으로 설정할 수 있고, 센서(110)를 통해 측정 및 분석하고자 하는 분석 대상 가스의 종류에 따라 최적의 듀티 사이클이 사전에 설정될 수 있다. 이 경우에, 컨트롤러(130)는 입력되는 분석 대상 가스에 대한 정보 또는 기 설정된 분석 대상 가스에 대한 정보에 기초하여 복수의 듀티 사이클 중 특정 듀티 사이클을 해당 가스의 측정 및 분석을 위한 듀티 사이클로 선정할 수 있다.

[0037] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치(100)의 히터 가열 (도 4의 하단 도)에 의한 실온상태 및 고온상태의 센서 신호 파형도 (도 4의 상단 도)이다. 히터(120)에 인가되는 제어신호의 온/오프 파형에 대응하여 센서(110)로부터 고온상태(HT) 파형과 실온상태(RT) 파형이 교번하는 주기의 센싱 신호가 측정되는 것을 나타내었고, 센서(110)의 신호는 히터가 작동하고 난 후, 센서의 온도가 고온 상태로 도달하기 까지 일정 소요시간이 필요할 수 있다. 또한 히터의 작동이 중지된 후에도 센서의 온도가 상온까지 도달할 때까지 일정 소요시간이 필요할 수 있다. 이 때, 가열 및 냉각 소요시간은 센서의 크기가 감소할수록 단축될 수 있다.

[0038] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치(100)의 히터(120)에 인가할 수 있는 듀티 사이클링 제어신호의 예시도이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치(120)의 히터에 도 5의 듀티 사이클링 제어신호를 인가할 때에 센서(100)를 통한 전류신호 측정 결과를 보인 그래프들이다.

[0039] 도 6에 나타낸 센서(100)의 전류신호 측정 결과(a)를 살펴보면, 히터(120)에 의해 센서가 가열되는 고온상태(HT) 뿐만 아니라 실온상태(RT)에서도 시간 흐름에 따라 측정 전류가 변화되는 것을 알 수 있고, 가스(예컨대, NO_2)에 센서(110)가 노출되는 구간에서 고온상태(HT) 및 실온상태(RT) 모두 전류신호가 감소하는 것을 알 수 있다. (b)는 고온상태에서의 센서 신호를 필터링하여 얻을 수 있는 결과를 굵은 실선으로 표현한 것이고, (c)는 실온상태의 센서 신호를 필터링하여 얻을 수 있는 결과를 굵은 실선으로 표현한 것이며, (d)는 고온상태 및 실온상태의 센서 신호 결과로부터 변환된 고온상태 및 저온상태의 응답 특성 그래프이다. 고온상태 응답 특성 그래프(HT)보다 실온상태 응답 특성 그래프(RT)가 상대적으로 더 높은 변화 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

[0040] 단계 S210 및 단계 S220을 수행한 컨트롤러(130)는 히터(120)의 온/오프 구동에 의한 센서(110)로부터의 고온상태의 전류신호를 측정한 결과 및 실온상태의 전류신호를 측정한 결과에 기초하여 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종을 분석하거나 농도를 분석하거나 또는 가스종 및 농도를 모두 분석할 수 있다. 예를 들어, 복수의 분석 대상 가스에 대해 센서(110)로부터 획득할 수 있는 고온상태 전류신호 측정 결과 및 실온상태 전류신호 측정 결과를 농도별로 구분해 사전에 저장해 둘 수 있고, 컨트롤러(130)는 사전 저장된 데이터와 단계 S220의 결과 데이터를 비교한 결과에 기초하여 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다. 예컨대, 컨트롤러(130)는 가스종별 또는 농도별 고온상태 대비 실온상태의 가스 감도 상승량을 비교해 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다(S230).

[0041] 또한, 컨트롤러(130)는 가스종 및/또는 농도를 분석할 때에 고온상태의 전류신호 측정 결과 및 실온상태의 전류신호 측정 결과를 기 학습된 인공신경망 모델에 입력하여, 인공신경망 모델의 출력에 기초하여 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다. 여기서, 컨트롤러(130)는 고온상태의 전류신호 측정 결과 및 실온상태의 전류신호 측정 결과를 도 6의 (d)에 예시한 고온상태 응답 특성 그래프 및 실온상태 응답 특성 그래프로 변환하는 전처리 할 수 있고, 전처리된 고온상태 응답 특성 그래프 및 실온상태 응답 특성 그래프를 기 학습된 인공신경망 모델에 입력해 센서(110)에 접촉된 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석할 수 있다.

[0042] 여기서, 컨트롤러(130)는 인공신경망 모델을 이용해 가스종 및/또는 농도를 분석하기 위해 CNN 모델을 이용할 수 있다. 센서(110)로부터 얻어진 로우데이터를 정규화(normalization)하여 행렬 이미지 데이터를 획득할 수 있고, 실시간 검사를 위해 타임윈도우(timewindow) 크기를 설정할 수 있으며, 일정간격으로 스트라이드(stride)를 하면서 CNN 모델에 입력해 해당 가스종 및/또는 농도를 분석 및 파악할 수 있다.

[0043] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 측정 장치에 듀티 사이클링을 적용한 후 인공신경망을 통해 센싱 결과를 분석할 때의 다양한 모드(타임윈도우 크기 별)를 비교한 그래프들이다. 도 7은 분별 정확도이고, 도 8은 분별 손실률이며, 도 9는 회귀분석(regression) 손실률이다. 타임윈도우 크기가 작아질수록 예측에 필요한 총 시간이 줄어들지만 정보의 양이 적어져 정확도가 떨어진다. 반대로 타임 윈도우 크기가 크면 정확도가 향상된다. 이와 같이 스트라이딩 타임윈도우의 크기는 대상 응용 분야나 측정 환경에 의해 결정될 수 있다. 독성 가스나 폭발성 가스와 같이 신속한 가스 예측이 필요한 경우에는 더 작은 타임윈도우를 사용하는 것이 좋고, 반대로 정확한 가스 예측이 필요한 경우에는 큰 타임윈도우를 사용하는 것이 좋다.

[0044] 또한, 고온상태 전류신호 측정 결과만 이용할 때보다 실온상태 전류신호 측정 결과를 함께 이용할 경우에 상대적으로 더 높은 분별 정확도 및 상대적으로 더 낮은 분별 손실률을 갖는 것을 알 수 있다. 특히, 타임윈도우 크

기가 작아질수록 이 격차는 벌어지는 것을 알 수 있다. 신속한 가스 예측이 요구될 때 고온상태와 실온상태 전류신호 측정 결과를 함께 이용하는 것이 좋다는 것을 알 수 있다.

[0045] 지금까지 설명한 바와 같이, 일 실시예에 따르면 듀티 사이클링을 이용한 센싱을 통해 두가지 이상의 신호를 검출해 가스의 가스종 및/또는 농도를 분석한다.

[0046] 이로써, 소모전력을 감소시켜 저전력 동작을 달성한다. 아울러, 히터에 전력을 공급하는 시간의 조정을 통해 다양한 스위칭 조건에서 센서 최적화를 수행할 수 있다.

[0047] 또한, 듀티 사이클링을 통해 다수의 가스에 대한 정보 획득이 용이해져 가스종 및/또는 농도 분석의 정확성을 제고하는 효과가 있다.

[0048] 한편, 전술한 실시예에 따른 가스 측정 방법에 포함된 각각의 단계를 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하도록, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 구현될 수 있다.

[0049] 또한, 전술한 실시예에 따른 가스 측정 방법에 포함된 각각의 단계를 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 기록될 수 있다.

[0050] 본 발명에 첨부된 각 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방식으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장된 인스트럭션들은 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0051] 또한, 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시예들에서는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0052] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 품질에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0053] 100: 가스 측정 장치

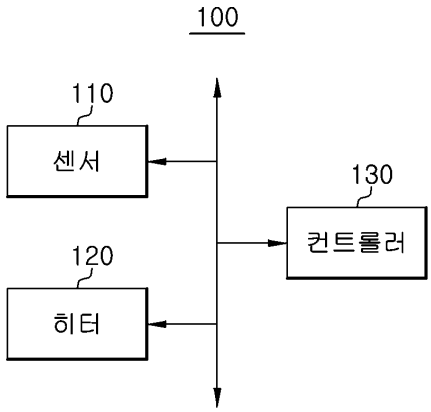
110: 센서

120: 히터

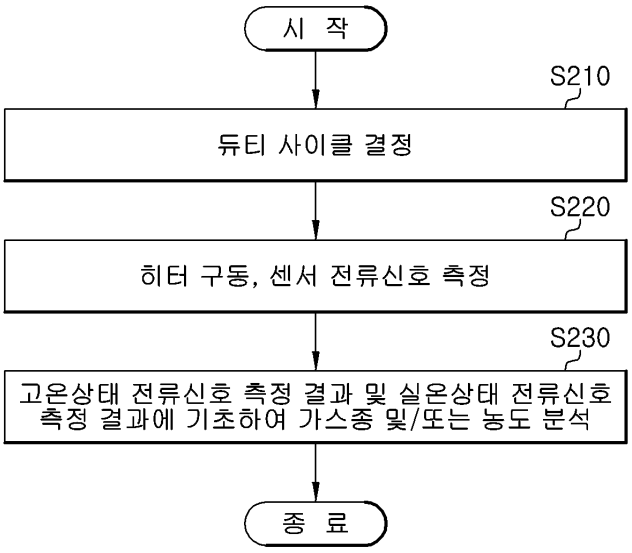
130: 컨트롤러

도면

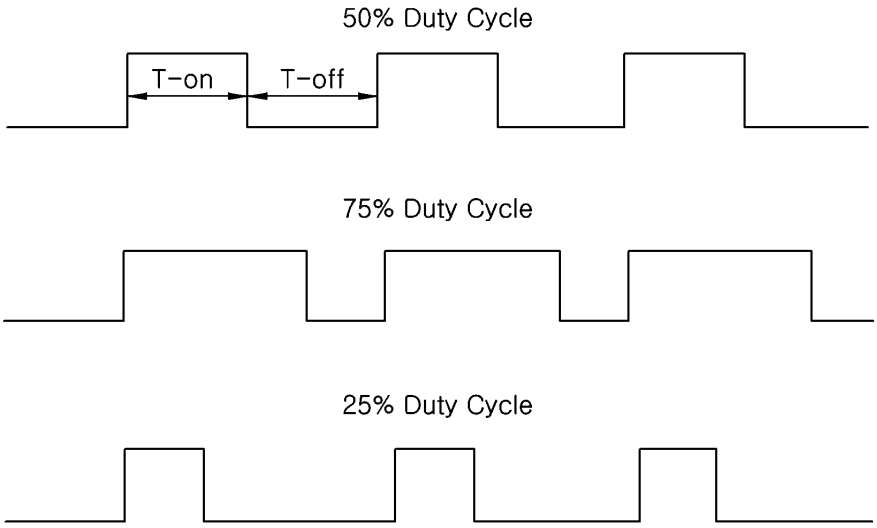
도면1


100
110
센서
130
컨트롤러
120
히터

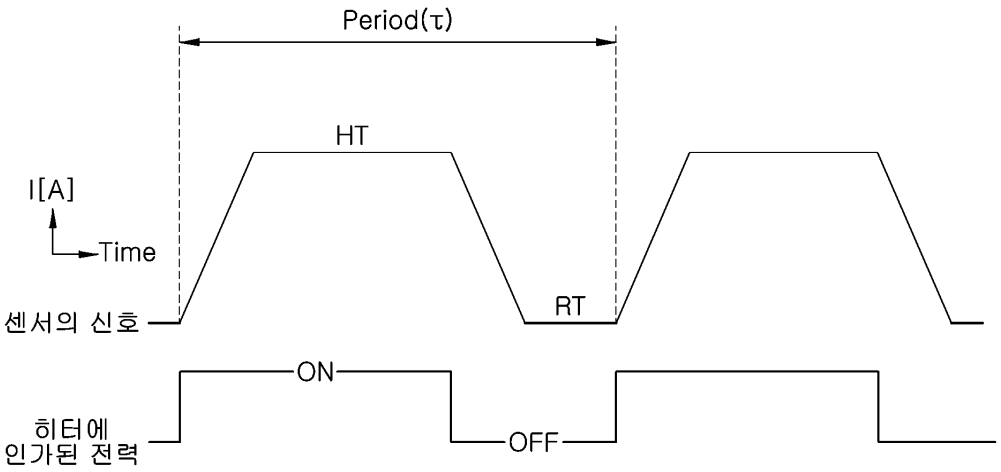
도면2


시 작
S210
듀티 사이클 결정
S220
히터 구동, 센서 전류신호 측정
S230
고온상태 전류신호 측정 결과 및 실온상태 전류신호 측정 결과에 기초하여 가스종 및/또는 농도 분석
종 료

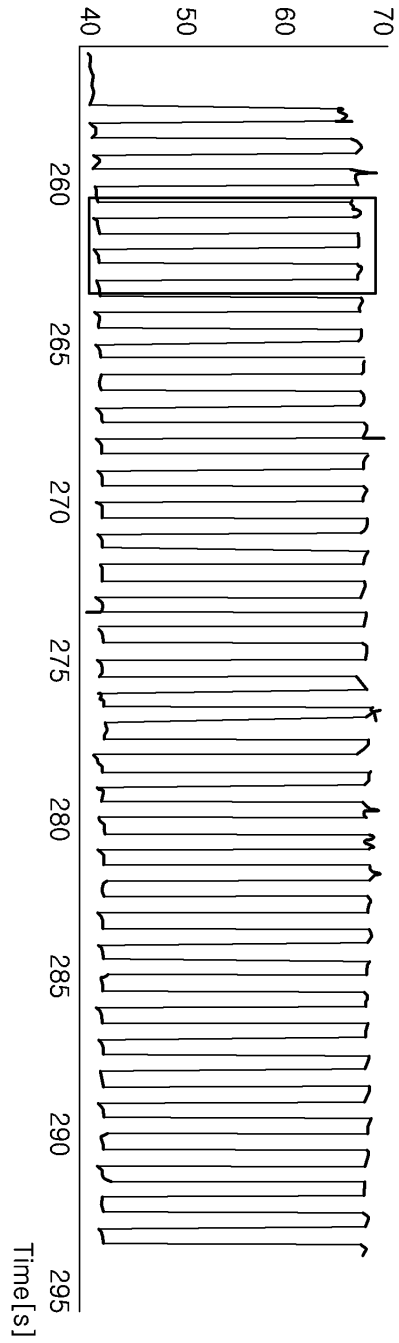
도면3


50% Duty Cycle
T-on
T-off
75% Duty Cycle
25% Duty Cycle

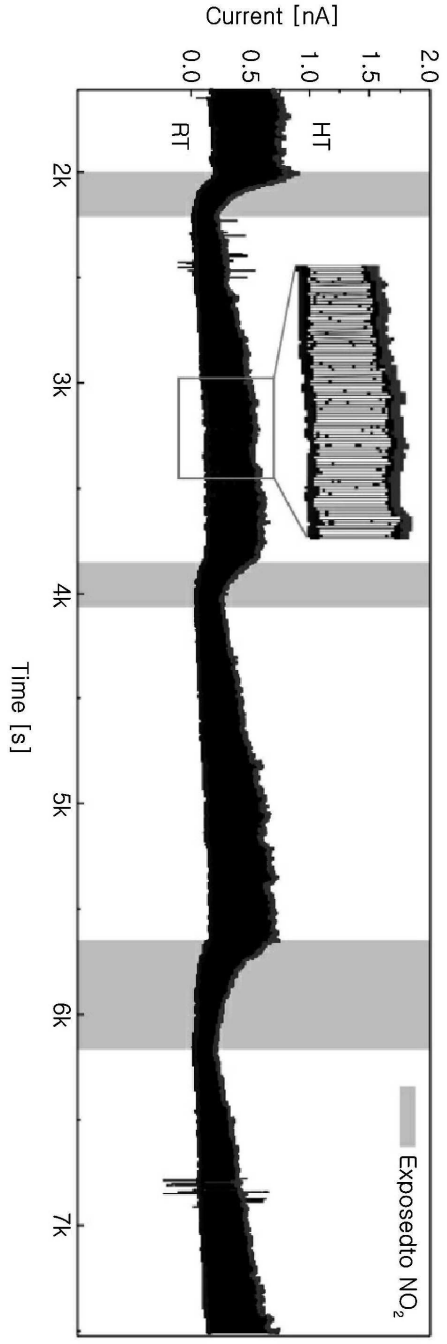
도면4


Period(τ)
HT
I[A]
Time
센서의 신호
RT
ON
히터에
인가된 전력
OFF

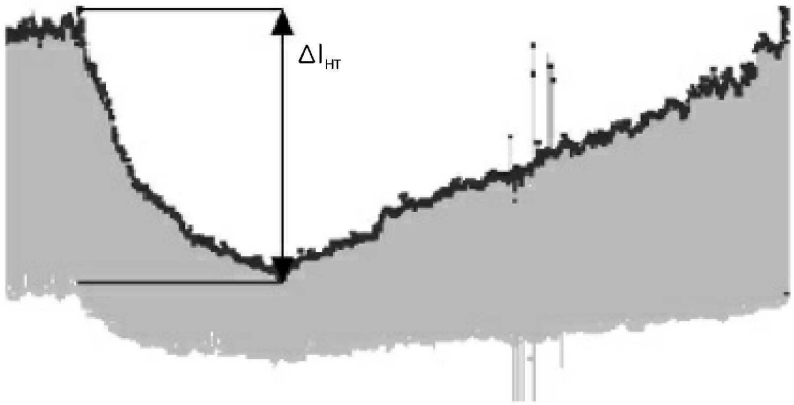
도면5



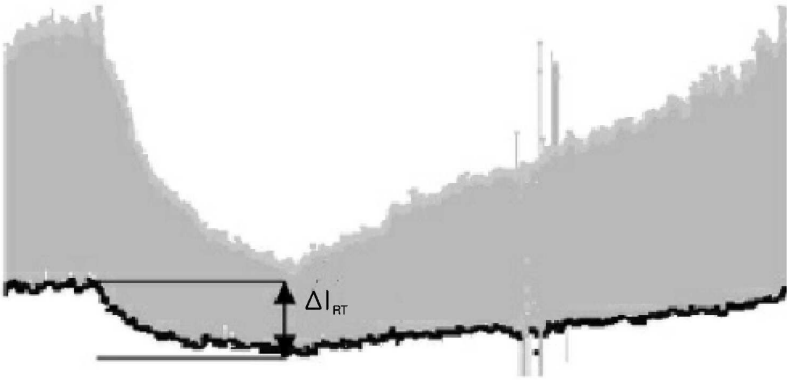
도면6a


Current [nA]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
RT
HT
2k
3k
4k
5k
6k
7k
Time [s]
Exposedto NO_2

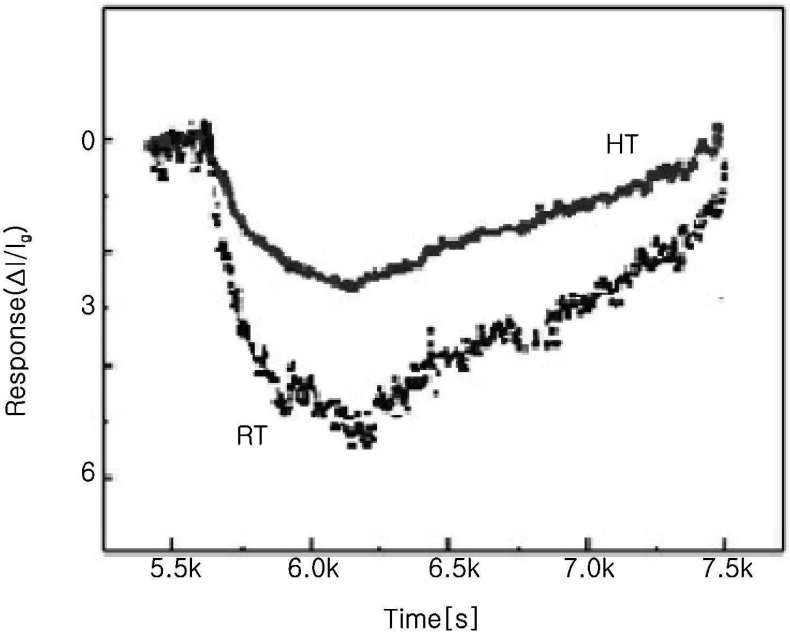
도면6b



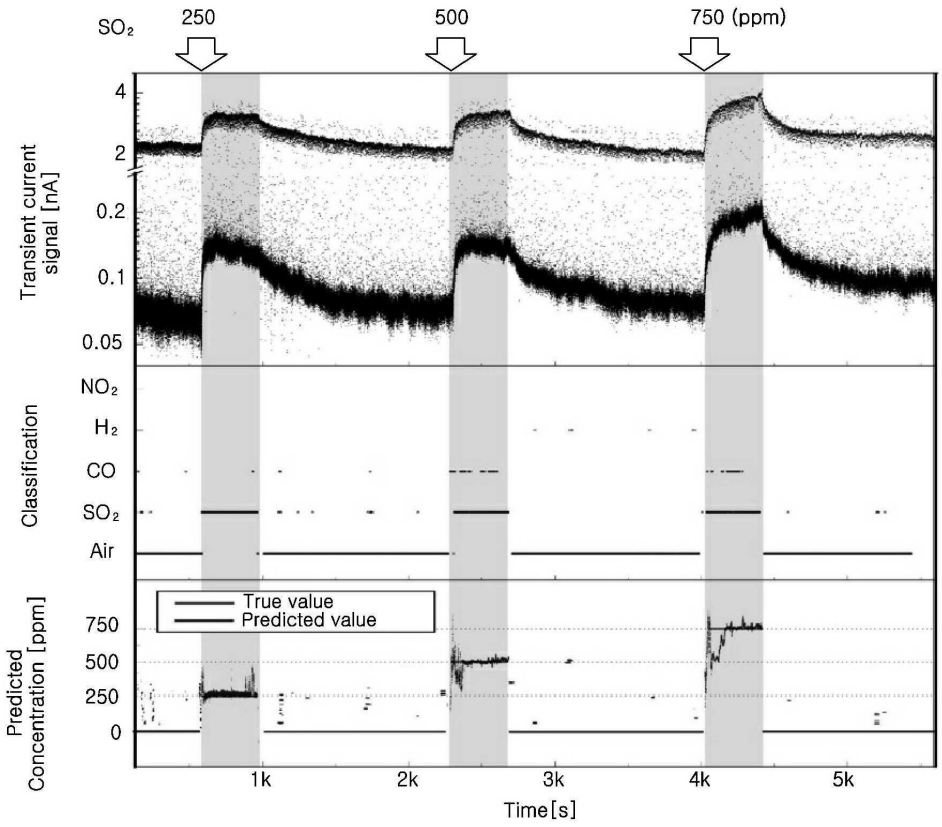
도면6c



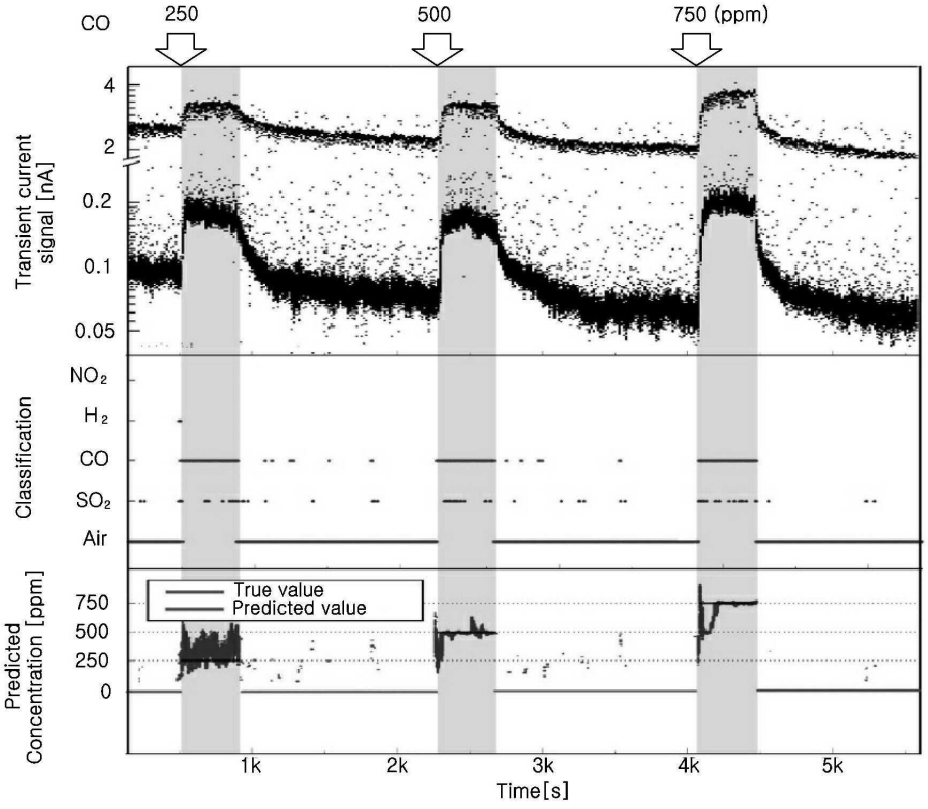
도면6d



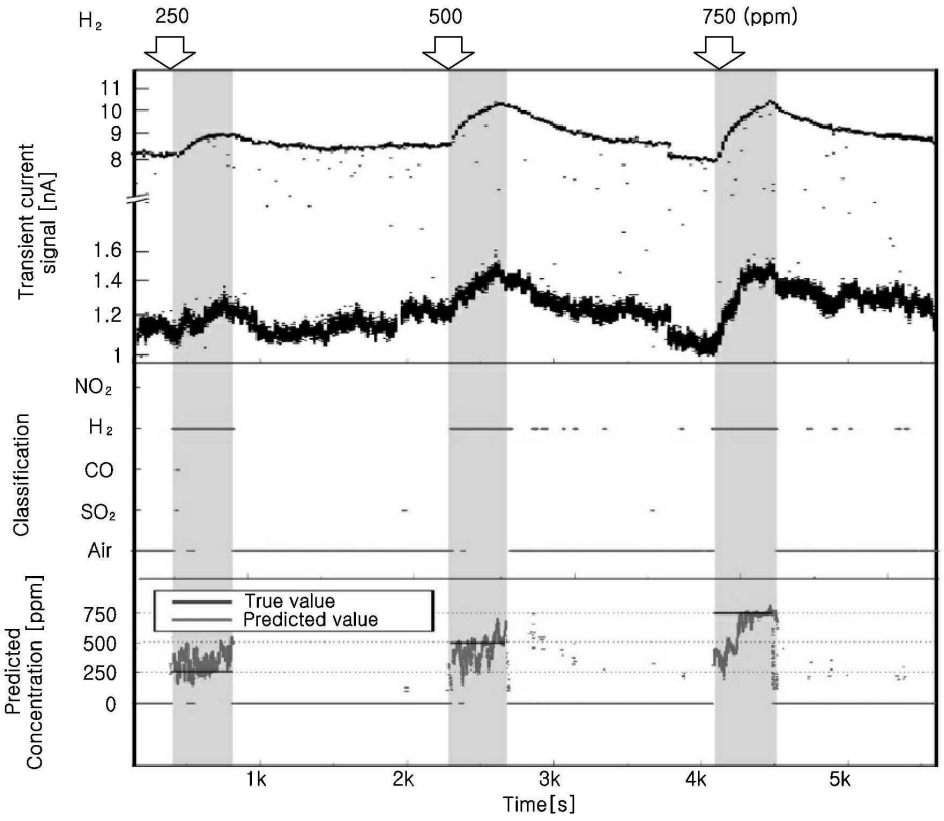
도면7a


SO2
250
500
750 (ppm)
Transient current signal [nA]
4
2
0.2
0.1
0.05
Classification
NO2
H2
CO
SO2
Air
Predicted Concentration [ppm]
True value
Predicted value
750
500
250
0
1k
2k
3k
4k
5k
Time[s]

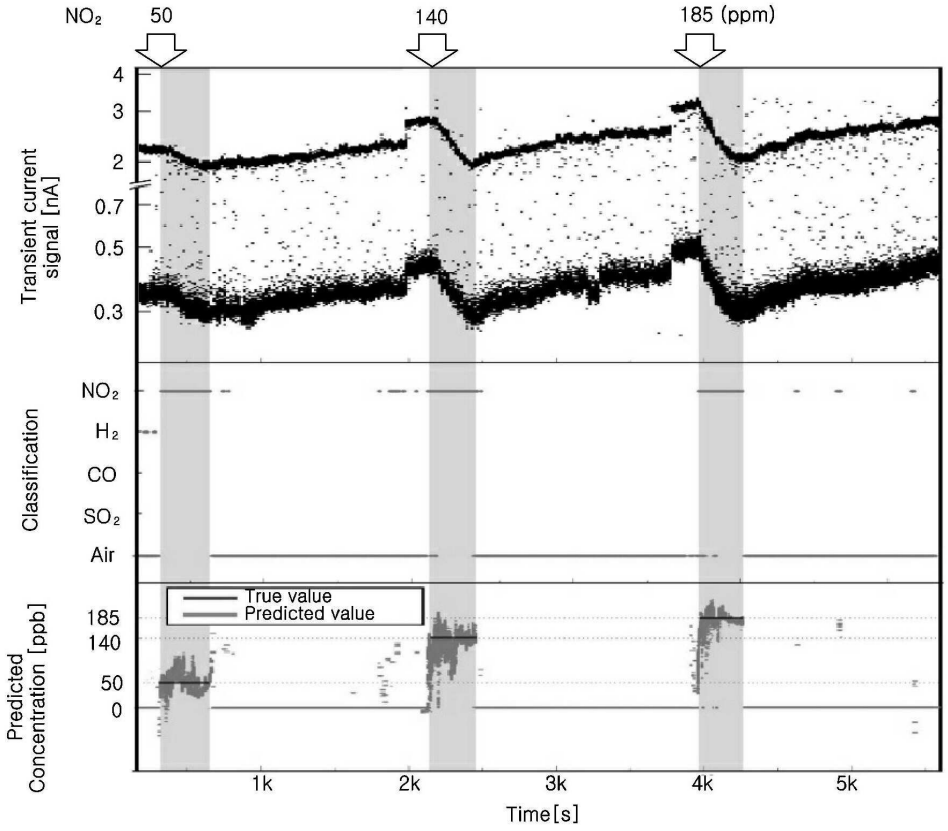
도면7b


CO
250
500
750 (ppm)
Transient current signal [nA]
4
2
0.2
0.1
0.05
Classification
NO2
H2
CO
SO2
Air
Predicted Concentration [ppm]
True value
Predicted value
750
500
250
0
1k
2k
3k
4k
5k
Time[s]

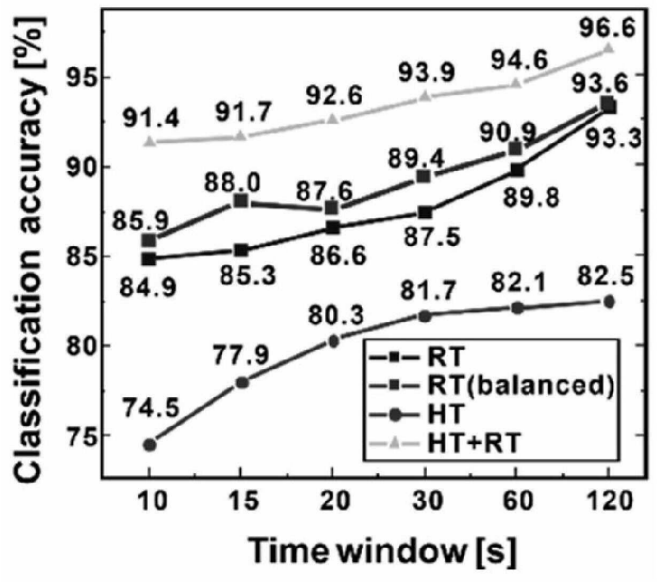
도면7c


H₂
250
500
750 (ppm)
Transient current signal [nA]
11
10
9
8
1.6
1.4
1.2
1
Classification
NO₂
H₂
CO
SO₂
Air
Predicted Concentration [ppm]
True value
Predicted value
750
500
250
0
1k
2k
3k
4k
5k
Time[s]

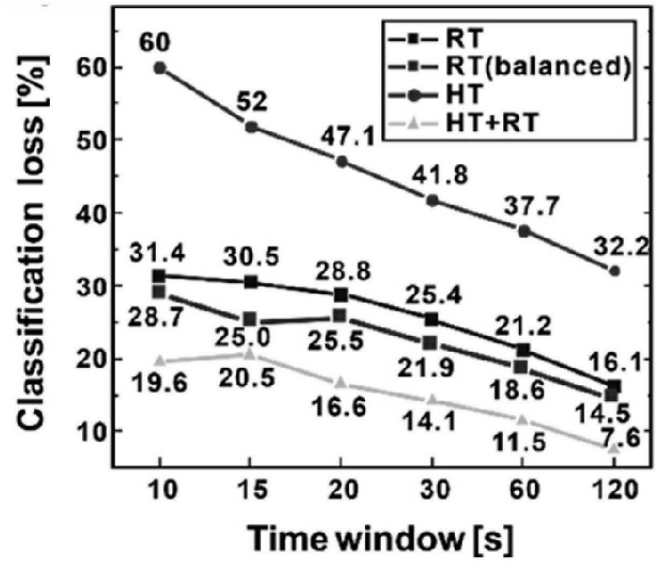
도면7d


NO₂
50
140
185 (ppm)
Transient current signal [nA]
4
3
2
0.7
0.5
0.3
Classification
NO₂
H₂
CO
SO₂
Air
Predicted Concentration [ppb]
True value
Predicted value
185
140
50
0
1k
2k
3k
4k
5k
Time[s]

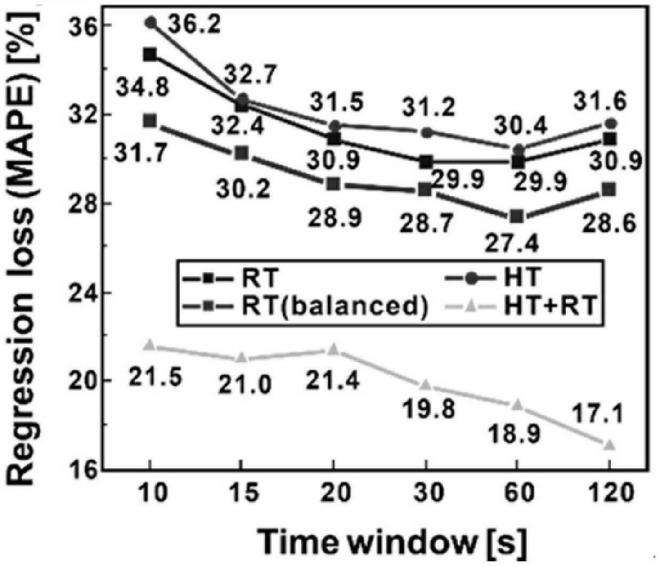
도면8


Classification accuracy [%]
Time window [s]
RT
RT(balanced)
HT
HT+RT
91.4
91.7
92.6
93.9
94.6
96.6
85.9
88.0
87.6
89.4
90.9
93.6
84.9
85.3
86.6
87.5
89.8
93.3
74.5
77.9
80.3
81.7
82.1
82.5

도면9


Classification loss [%]
Time window [s]
RT
RT(balanced)
HT
HT+RT
60
52
47.1
41.8
37.7
32.2
31.4
30.5
28.8
25.4
21.2
16.1
28.7
25.0
25.5
21.9
18.6
14.5
19.6
20.5
16.6
14.1
11.5
7.6

도면10


Regression loss (MAPE) [%]
36
32
28
24
20
16
10
15
20
30
60
120
Time window [s]
RT
RT(balanced)
HT
HT+RT
36.2
32.7
31.5
31.2
30.4
31.6
34.8
32.4
30.9
29.9
29.9
30.9
31.7
30.2
28.9
28.7
27.4
28.6
21.5
21.0
21.4
19.8
18.9
17.1