

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0135153
(43) 공개일자 2022년10월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/12 (2006.01) *G01N 27/16* (2006.01)
G01N 3/08 (2006.01) *G01N 33/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01N 27/129 (2013.01)
G01N 27/16 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0006831
 (22) 출원일자 2022년01월17일
 심사청구일자 2022년01월17일
- (30) 우선권주장
 1020210040485 2021년03월29일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
 이화여자대학교 산학협력단
 서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
- (72) 발명자
 김수진
 서울시 서대문구 성산로 24길 (신촌동)
 김지훈
 서울특별시 강남구 언주로30길 57, E동 3105호(도곡동, 타워팰리스)
- (74) 대리인
 리앤목특허법인

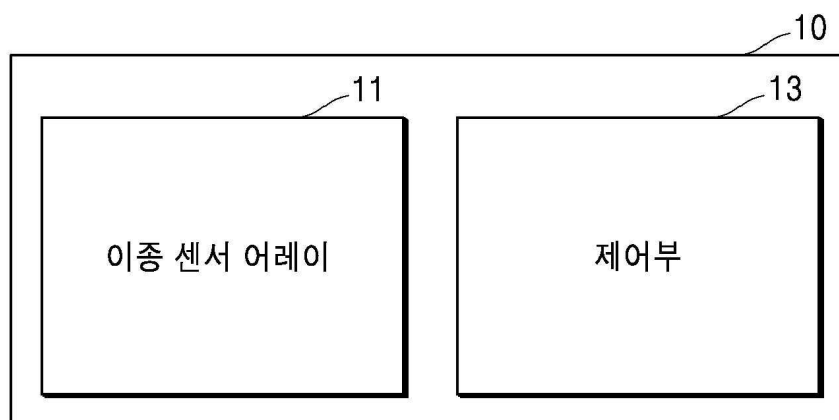
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 가스 모니터링 시스템 및 그 보정 방법

(57) 요약

본 발명은 온습도의 변화에 강건한 가스 모니터링 시스템 및 그 보정방법을 제공하기를 위하여, 복수의 금속 산화물 가스 센서 및 온습도 센서를 포함하는 센서 어레이 및 온습도 보정 모델을 이용하여 상기 측정 데이터를 보정하여 보정 데이터를 산출하는, 제어부를 포함하는, 가스 모니터링 시스템을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 3/08 (2013.01)

G01N 33/0006 (2013.01)

G01N 33/0031 (2013.01)

G01N 33/0034 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125953
과제번호	2020-0-01847-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	비대면·인공지능 사회를 위한 반도체 시스템 융합혁신기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2020.07.01 ~ 2027.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 금속 산화물 가스 센서 및 온습도 센서를 포함하는 센서 어레이; 및

온습도 보정 모델을 이용하여 측정 데이터를 보정하여 보정 데이터를 산출하는, 제어부;를 포함하는, 가스 모니터링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 센서 어레이는 상이한 구조를 갖거나 상이한 금속 산화물 물질을 포함하는 적어도 두 종류의 금속 산화물 가스 센서를 포함하는, 가스 모니터링 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 온습도 보정 모델은,

온습도 조절 장치의 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 제2전압변화 시점까지 상기 센서 어레이가 측정한 측정 데이터를 정규화한 정규화 데이터를 획득하고,

상기 정규화 데이터와 복수의 템플레이트 데이터들을 비교하여 가스의 종류를 식별하는, 가스 식별 모델을 포함하는, 가스 모니터링 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 템플레이트 데이터들은 제1템플레이트 데이터를 포함하고,

상기 제1템플레이트 데이터는, 제1가스 분위기에서 상기 온습도 조절 장치의 상기 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 상기 제2전압변화 시점까지 상기 센서 어레이가 측정한 측정 데이터를 정규화한 데이터인, 가스 모니터링 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 온습도 보정 모델은 사전에 반복 학습된 인공 신경망 알고리즘을 포함하는, 가스 모니터링 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 온습도 보정 모델은 상기 센서 어레이가 측정한 온도, 습도 및 저항 값을 입력 받고, 보정된 저항 값을 출력하는, 가스 모니터링 시스템.

청구항 7

가스 모니터링 시스템의 보정 방법에 있어서,

복수의 금속 산화물 가스 센서 및 온습도 센서를 포함하는 센서 어레이의 표면 온도를 단계별로 변화시키며 측정 데이터를 획득하는 단계; 및

온습도 보정 모델을 이용하여 상기 측정 데이터를 보정하여 보정 데이터를 산출하는 단계;를 포함하는 가스 모

니터링 시스템의 보정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 센서 어레이는 상이한 구조를 갖거나, 상이한 금속 산화물 물질을 포함하는 적어도 두 종류의 금속 산화물 가스 센서를 포함하는, 가스 모니터링 시스템의 보정방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 보정 데이터를 산출하는 단계는,

상기 측정 데이터로부터 온습도 조절 장치의 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 제2전압변화 시점까지의 데이터를 정규화한 정규화 데이터를 획득하는 단계; 및

상기 정규화 데이터와 복수의 템플레이트 데이터들을 비교하여 가스의 종류를 식별하는 단계;를 포함하는, 가스 모니터링 시스템의 보정방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 보정 데이터를 산출하는 단계 이전에, 상기 복수의 템플레이트 데이터들을 획득하는 단계;를 더 포함하고,

상기 복수의 템플레이트 데이터들을 획득하는 단계는,

제1가스 분위기에서 상기 온습도 조절 장치의 상기 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 상기 제2전압변화 시점까지 상기 센서 어레이가 측정한 데이터를 정규화하여 제1템플레이트 데이터를 획득하는 단계;를 포함하는, 가스 모니터링 시스템의 보정방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 온습도 보정 모델은 사전에 반복 학습된 인공 신경망 알고리즘을 포함하는, 가스 모니터링 시스템의 보정 방법.

청구항 12

컴퓨팅 장치를 이용하여 제7항 내지 제11항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가스 모니터링 시스템 및 그 보정방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는 인공신경망을 이용한 가스 모니터링 시스템 및 그 보정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 에틸벤젠(ethylbenzene) 및 자일렌(xylene)과 같은 휘발성 유기 화합물들은 매우 짧은 기간 동안이라도 고농도에 노출될 경우, 신체에 어지러움 또는 구토와 같은 극심한 반응을 유발할 수 있다. 또한, 휘발성 유기 화합물들에 신체가 장기간 노출될 경우, 폐암, 심장질환 및 알러지 반응을 유발할 수 있다. 이러한 휘발성 유기 화합물 가스는 담배, 페인트와 같은 생활용품으로부터 방출되어, 실내의 휘발성 유기 화합물 가스의 농도가 야외의 휘발성 유기 화합물들의 농도보다 수 배에서 수백 배 더 높은 경우가 보고되고 있다.

[0003] 휘발성 유기 화합물 가스의 농도를 측정하기 위하여 다양한 센서들이 연구 개발되고 있다. 이 중 금속 산화물

(metal oxide)을 이용한 센서는 싸고, 안정적이며, 정밀한 측정이 가능한 것으로 보고되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 그러나 이러한 종래의 금속 산화물 센서를 이용한 가스 모니터링 시스템에는, 금속 산화물 센서가 낮은 선택도(selectivity)를 가질 뿐 아니라, 온습도에 영향을 받아 민감도(Sensitivity)가 감소하는 문제점이 존재하였다.
- [0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 온습도로 인한 영향을 보정하여 보다 정확한 측정이 가능한 가스 모니터링 시스템 및 그 보정방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 일 관점에 따르면, 복수의 금속 산화물 가스 센서 및 온습도 센서를 포함하는 센서 어레이, 및 온습도 보정 모델을 이용하여 측정 데이터를 보정하여 보정 데이터를 산출하는, 제어부를 포함하는, 가스 모니터링 시스템이 제공된다.
- [0007] 일 실시예에서, 상기 센서 어레이는 상이한 구조를 갖거나 상이한 금속 산화물 물질을 포함하는 적어도 두 종류의 금속 산화물 가스 센서를 포함할 수 있다.
- [0008] 일 실시예에서, 상기 온습도 보정 모델은, 온습도 조절 장치의 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 제2전압변화 시점까지 상기 센서 어레이가 측정한 측정 데이터를 정규화한 정규화 데이터를 획득하고, 상기 정규화 데이터와 복수의 템플레이트 데이터들을 비교하여 가스의 종류를 식별하는, 가스 식별 모델을 포함할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에서, 상기 복수의 템플레이트 데이터들은 제1템플레이트 데이터를 포함하고, 상기 제1템플레이트 데이터는, 제1가스 분위기에서 상기 온습도 조절 장치의 상기 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 상기 제2전압변화 시점까지 상기 센서 어레이가 측정한 측정 데이터를 정규화한 데이터일 수 있다.
- [0010] 일 실시예에서, 상기 온습도 보정 모델은 사전에 반복 학습된 인공 신경망 알고리즘을 포함할 수 있다.
- [0011] 일 실시예에서, 상기 온습도 보정 모델은 상기 센서 어레이가 측정한 온도, 습도 및 저항 값을 입력 받고, 보정된 저항 값을 출력할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 복수의 금속 산화물 가스 센서 및 온습도 센서를 포함하는 센서 어레이의 표면 온도를 단계별로 변화시키며 측정 데이터를 획득하는 단계, 온습도 보정 모델을 이용하여 상기 측정 데이터를 보정하여 보정 데이터를 산출하는 단계를 포함하는 가스 모니터링 시스템의 보정 방법이 제공된다.
- [0013] 일 실시예에서, 상기 센서 어레이는 상이한 구조를 갖거나, 상이한 금속 산화물 물질을 포함하는 적어도 두 종류의 금속 산화물 가스 센서를 포함할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 보정 데이터를 산출하는 단계는, 상기 측정 데이터로부터 온습도 조절 장치의 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 제2전압변화 시점까지의 데이터를 정규화한 정규화 데이터를 획득하는 단계 및 상기 정규화 데이터와 복수의 템플레이트 데이터들을 비교하여 가스의 종류를 식별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 상기 보정 데이터를 산출하는 단계 이전에, 상기 복수의 템플레이트 데이터들을 획득하는 단계를 더 포함하고, 상기 복수의 템플레이트 데이터들을 획득하는 단계는, 제1가스 분위기에서 상기 온습도 조절 장치의 상기 제1전압변화 시점부터 상기 온습도 조절 장치의 상기 제2전압변화 시점까지 상기 센서 어레이가 측정한 데이터를 정규화하여 제1템플레이트 데이터를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 온습도 보정 모델은 사전에 반복 학습된 인공 신경망 알고리즘을 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 일 관점에 따르면, 컴퓨팅 장치를 이용하여 상술한 가스 모니터링 시스템의 보정 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.
- [0018] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

[0019] 이러한 일반적이고 구체적인 측면이 시스템, 방법, 컴퓨터 프로그램, 또는 어떠한 시스템, 방법, 컴퓨터 프로그램의 조합을 사용하여 실시될 수 있다.

발명의 효과

[0020] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 온습도의 영향에 강건한 가스 모니터링 시스템 및 그 보정방법을 구현할 수 있다. 따라서, 금속 산화물 가스 센서들을 이용하여 비용이 저렴하고, 높은 민감도를 갖는 가스 모니터링 시스템을 구현할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템을 도시하는 블록도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정방법을 도시하는 순서도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정장치를 도시하는 블록도이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 온습도 보정 모델 생성 단계를 도시하는 순서도이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 식별 모델의 동작 방법을 도시하는 순서도이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 측정 데이터를 도시하는 그래프이다.
 도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정장치의 동작을 설명하기 위한 그래프들이다.
 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템과 비교예들에 따른 가스 모니터링 시스템의 측정 결과를 도시하는 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0024] 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다.

[0025] 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0026] 본 명세서에서 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.

[0027] 본 명세서에서 "A 및/또는 B"은 A이거나, B이거나, A와 B인 경우를 나타낸다. 그리고, "A 및 B 중 적어도 하나"는 A이거나, B이거나, A와 B인 경우를 나타낸다.

[0028] 본 명세서에서 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 진행될 수 있다.

[0029] 본 명세서에서 실시예들은 기능적인 블록 구성들 및 다양한 처리 단계들로 나타내어질 수 있다. 이러한 기능 블록들은 특정 기능들을 실행하는 다양한 개수의 하드웨어 또는/및 소프트웨어 구성들로 구현될 수 있다.

[0030] 예를 들어, 본 발명의 실시예들은 하나 이상의 마이크로프로세서의 제어 또는 다른 제어 장치에 의해서 다양한 기능들을 실행할 수 있는, 메모리, 프로세싱, 로직(logic), 룩 업 테이블(look-up table) 등과 같은 직접 회로 구성들을 채용할 수 있다. 본 발명의 실시예들에서 구성 요소들이 소프트웨어 프로그래밍 또는 소프트웨어 요소들로 실행될 수 있는 것과 유사하게, 본 발명의 실시예들은 데이터 구조, 프로세스들, 루틴들 또는 다른 프로그램

래밍 구성들의 조합으로 구현되는 다양한 알고리즘을 포함하여, C, C++, 자바(Java), 어셈블리(assembly) 등과 같은 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다.

- [0031] 또한, 본 발명의 실시예들은 전자적인 환경 설정, 신호 처리, 및/또는 데이터 처리 등을 위하여 종래 기술을 채용할 수 있다. "부", "요소", "수단", "구성"과 같은 용어는 넓게 사용될 수 있으며, 본 발명의 각 실시예들에서 구성요소들이 기계적이고 물리적인 구성들로서 한정되는 것은 아니다. 상기 용어는 프로세서 등과 연계하여 소프트웨어의 일련의 처리들(routines)의 의미를 포함할 수 있다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템을 도시하는 블록도이다.
- [0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템(10)은 센서 어레이(11) 및 제어부(13)를 포함할 수 있다.
- [0034] 일 실시예에서, 센서 어레이(11)는 복수의 금속 산화물 가스 센서 및 온습도 센서를 포함할 수 있다.
- [0035] 복수의 금속 산화물 가스 센서는 금속 산화물 물질을 포함하고, 공기 중의 가스 농도에 따라 변화하는 금속 산화물 물질의 저항(Resistance) 또는 전도도(Conductance)를 일정 시간 간격으로 측정하는 것일 수 있다.
- [0036] 일 실시예에서, 금속 산화물 가스 센서는 금속 산화물 물질의 비표 면적을 증가시키기 위하여 나노 구조물들을 포함하는 것일 수 있다. 예컨대, 나노튜브(nanotube), 나노와이어(nanowire), 나노막대(nanorod), 나노리본(nanoribbon), 나노필름(nanofilm) 또는 나노비드(nanobid)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 금속 산화물 가스 센서는 금속 산화물 물질의 비표 면적을 증가시키기 위하여 다수의 기공을 포함하는 것일 수 있다.
- [0037] 일 실시예에서, 금속 산화물 가스 센서는 공기 중의 가스에 접촉할 때, 가스의 흡착, 산화, 또는 환원 반응으로 인한 전하의 포획 등으로 인하여 전기 저항 및/또는 전도도가 변화하는 금속 산화물을 포함할 수 있다. 예컨대, 금속 산화물들은 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO₂), 산화텅스텐(WO₃), 산화티타늄(TiO₂) 및 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 금속 산화물들은 상술한 예들 이외에도 다양한 종류의 물질들이 사용될 수 있다.
- [0038] 일 실시예에서, 복수의 금속 산화물 가스 센서는 적어도 두 종류의 금속 산화물 가스 센서를 포함할 수 있다. 여기서, 금속 산화물 가스 센서의 종류가 상이하다는 것은 서로 상이한 금속 산화물들을 포함하거나, 동일한 금속 산화물들을 포함하더라도 그 비율이 상이하거나, 구조가 상이한 금속 산화물 가스 센서를 의미할 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 금속 산화물 센서는 서로 상이한 5종류의 금속 산화물 가스 센서를 포함할 수 있다. 즉, 센서 어레이(11)는 이종(異種)의 센서들을 포함하는 이종 센서 어레이일 수 있다.
- [0039] 센서 어레이(11)는 온습도 센서를 포함할 수 있다. 온습도 센서는 센서 어레이(11)의 표면 온도 및 측정 환경의 습도를 측정할 수 있다.
- [0040] 제어부(13)는 가스 모니터링 시스템(10)의 전반적인 동작을 구동하기 위한 컴퓨팅 장치로, 메모리 및 프로세서를 포함할 수 있다. 예컨대, 제어부(13)는 센서 어레이(11)가 측정한 복수의 금속 산화물 가스 센서들의 저항 값들 및 온습도 센서의 온습도 값을 포함하는 측정 데이터들을 저장하고, 가스 모니터링 시스템(10)의 동작을 위한 데이터들, 명령어들 및 다수의 응용 프로그램(application program) 등을 저장하고, 구동할 수 있다. 일 실시예에서, 응용 프로그램 중 일부는 무선 통신을 통해 외부 서버로부터 다운로드 되거나, 외부 서버에서 구동되어 그 결과 값이 다운로드 되는 것일 수 있다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에서, 제어부(13)는 디지털 신호를 처리하는 디지털 시그널 프로세서(digital signal processor(DSP)), 마이크로프로세서(microprocessor), TCON(Time controller)으로 구현될 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 중앙처리장치(central processing unit(CPU)), MCU(Micro Controller Unit), MPU(micro processing unit), 컨트롤러(controller), 어플리케이션 프로세서(application processor(AP)), 또는 커뮤니케이션 프로세서(communication processor(CP)), ARM 프로세서 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 또한, 제어부(13)는 프로세싱 알고리즘이 내장된 SoC(System on Chip), LSI(large scale integration)로 구현될 수도 있고, FPGA(Field Programmable gate array) 형태로 구현될 수도 있다.
- [0042] 일 실시예에서, 제어부(13)는 타 컴퓨팅 장치와 요청과 응답을 송수신할 수 있는 통신부를 포함할 수도 있다. 예컨대, 제어부(13)는 측정 데이터를 타 컴퓨팅 장치 또는 서버로 송신하고, 타 컴퓨팅 장치 또는 서버의 연산 결과 값들을 수신하여 측정 데이터를 보정하거나, 결과 값을 사용자에게 출력할 수 있다. 또한, 넓은 의미에서 통신부는 명령어 또는 지시 등을 사용자로부터 전달받거나 출력하기 위한 키보드, 마우스, 기타 외부 입력장치,

프린터 등 인쇄장치, 디스플레이 장치, 기타 외부 출력장치를 포함할 수 있다.

- [0043] 제어부(13)는 온습도 보정 모델을 이용하여 센서 어레이(11)가 측정된 측정 데이터를 보정하여 보정 데이터를 산출할 수 있다. 일 실시예에서, 상술한 바와 같이 센서 어레이(11)가 측정된 측정 데이터는 이종(異種)의 금속 산화물 가스 센서들이 일정한 시간 간격으로 측정된 저항 값을 포함할 수 있다. 다른 일 실시예에서, 센서 어레이(11)가 측정된 측정 데이터는 이종의 금속 산화물 가스 센서들이 일정한 시간 간격으로 측정된 전도도 값을 포함할 수 있다. 다른 일 실시예에서, 센서 어레이(11)가 측정된 측정 데이터는 이종의 금속 산화물 가스 센서들이 일정한 시간 간격으로 측정된 저항 값 및 전도도 값을 포함할 수 있다. 또한, 측정 데이터는 온습도 센서가 일정한 시간 간격으로 측정된 온도 값 및 습도 값을 포함할 수 있다.
- [0044] 일 실시예에서, 온습도 보정 모델은 측정 데이터로부터 가스의 종류를 식별하는 가스 식별 모델을 포함할 수 있다. 가스 식별 모델은 측정 데이터 중 일정 구간을 선택하여 이를 정규화하여 정규화 데이터를 획득하고, 획득한 정규화 데이터를 템플레이트 데이터들과 비교하여 가스의 종류를 식별하는 것일 수 있다.
- [0045] 일 실시예에서, 온습도 보정 모델은 온습도 값을 보정하기 위하여 사전에 반복 학습된 인공 신경망 알고리즘을 포함할 수 있다. 예컨대, 온습도 보정 모델은 센서 어레이(11)가 측정된 온도, 습도, 저항 값 또는 전도도 값을 포함하는 측정 데이터를 입력 받고, 보정된 저항 값을 출력하는 것일 수 있다. 또 다른 일 실시예에서, 온습도 보정 모델은 센서 어레이(11)가 측정된 측정 데이터를 입력 받고, 보정된 전도도 값을 출력하는 것일 수 있다. 또 다른 일 실시예에서, 온습도 보정 모델은 센서 어레이(11)가 측정된 측정 데이터를 입력 받고, 보정된 저항 값 또는 전도도 값으로부터 산출한 가스 농도 값을 출력하는 것일 수 있다.
- [0046] 일 실시예에서, 온습도 보정 모델의 인공 신경망 알고리즘은 3개의 은닉층(hidden layers)을 구비한 것일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에서, 은닉층의 수는 다르게 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 인공 신경망 알고리즘은 이미 가스 식별 모델이 기 식별한 가스 종류를 입력 받아 측정 데이터를 보정하는 것일 수 있다.
- [0047] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정방법을 도시하는 순서도이다.
- [0048] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정방법은 측정 단계(S110), 가스 식별 단계(S120) 및 온습도 보정 단계(S130)를 포함할 수 있다.
- [0049] 측정 단계(S110)에서, 가스 모니터링 시스템(10)의 센서 어레이(11)는 복수의 금속 산화물 가스 센서들 및 온습도 센서로부터 측정 데이터를 획득할 수 있다. 상술한 바와 같이, 측정 데이터는 복수의 금속 산화물 가스 센서들이 각각 일정한 시간 간격으로 측정된 저항 값 또는 전도도 값들 및 온습도 센서가 일정한 시간 간격으로 측정된 온도 및 습도를 포함할 수 있다.
- [0050] 가스 식별 단계(S120)에서 가스 모니터링 시스템(10)의 제어부(13)는 가스 식별 모델을 이용하여 가스의 종류를 식별할 수 있다. 가스 식별 모델은 측정 데이터 중 일정 구간을 선택하여 이를 정규화하여 정규화 데이터를 획득하고, 획득한 정규화 데이터를 템플레이트 데이터들과 비교하여 가스의 종류를 식별하는 것일 수 있다.
- [0051] 온습도 보정 단계(S130)에서 가스 모니터링 시스템(10)의 제어부(13)는 기 학습된 인공 신경망 알고리즘을 포함하는 온습도 보정 모델을 이용하여, 측정 데이터를 보정한 보정 데이터를 산출할 수 있다.
- [0052] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정장치를 도시하는 블록도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 온습도 보정 모델 생성 단계를 도시하는 순서도이다.
- [0053] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템(10)의 온습도 보정 모델을 생성하기 위한 가스 모니터링 시스템(10)의 보정장치를 도시하는 블록도이다.
- [0054] 가스 모니터링 시스템(10)의 보정장치는 환경 제어 장치(20)를 더 포함할 수 있다. 환경 제어 장치(20)는 온습도 조절 장치(21) 및 가스 혼합 장치(23)를 포함할 수 있다. 도 3에서는 가스 모니터링 시스템(10)의 제어부(13)가 환경 제어 장치(20)를 제어하는 것으로 도시하였으나, 다른 일 실시예에서, 환경 제어 장치(20)는 별도의 제어부를 더 포함할수 도 있다.
- [0055] 온습도 조절 장치(21)는 센서 어레이(11)가 포함하는 복수의 금속 산화물 가스 센서들의 표면 온도를 변화시키기 위한 온도 조절 장치와, 측정 환경의 습도를 변화시키기 위한 습도 조절 장치가 포함될 수 있다. 온습도 조절 장치(21)는 온습도 보정 모델을 생성하기 위하여, 일정한 온도 주기에 따라, 온도 조절 장치에 전압을 인가할 수 있다. 예컨대, 온습도 조절 장치(21)는 온습도 보정 모델을 생성하기 위하여, 온도 조절 장치에 1.6 V,

1.7 V, 1.8 V, 1.7 V, 1.6 V의 전압을 소정의 시간 간격 동안 순차적으로 인가할 수 있다.

- [0056] 온습도 조절 장치(21)는 센서 어레이(11)가 위치한 챔버의 습도를 조절할 수 있다. 일 실시예에서, 온습도 조절 장치(21)는 온습도 보정 모델을 생성하기 위하여 일정한 습도 주기에 따라, 측정 공기 중의 수증기량을 증가시키거나 감소시킬 수 있다.
- [0057] 가스 혼합 장치(23)는 측정 환경의 가스 농도를 조절할 수 있다. 예컨대, 가스 혼합 장치(23)는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠 및 자일렌과 같은 휘발성 유기 화합물들의 농도를 각각 조절할 수 있다. 일 실시예에서, 가스 혼합 장치(23)는 온습도 보정 모델을 생성하기 위하여, 측정하고자 하는 휘발성 유기 화합물을 각각 0.3 ppm, 1 ppm, 2 ppm의 농도로 측정 챔버에 공급할 수 있다.
- [0058] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 온습도 보정 모델 생성 단계는 실험 측정 단계(S210), 가스 식별 모델 생성 단계(S220) 및 온습도 보정 모델 생성 단계(S230)를 포함할 수 있다.
- [0059] 실험 측정 단계(S210)는 온습도 조절 장치(21) 및 가스 혼합 장치(23)를 제어하여, 미리 설정된 시나리오에 따라 센서 어레이(11)가 측정한 측정 데이터를 획득하는 단계이다.
- [0060] 일 실시예에서, 실험 측정 단계(S210)는 센서 어레이(11)가 미리 설정된 복수의 온도 및 습도 포인트에서 각각 0.3 ppm, 1 ppm 및 2 ppm의 타겟 휘발성 유기 화합물에 노출될 때, 저항 값 및/또는 전도도 값의 변화를 일정 시간 간격으로 측정하여 측정 데이터를 획득하는 단계일 수 있다.
- [0061] 가스 식별 모델 생성 단계(S220)는 실험 측정 단계(S210)에서 획득한 데이터를 이용하여, 템플레이트 데이터를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0062] 예컨대, 가스 식별 모델 생성 단계(S220)에서, 온습도 조절 장치(21)는 센서 어레이(11)의 표면 온도를 조절하기 위한 온도 조절 장치에 일정한 주기로 반복하여 전압을 인가할 수 있다. 이 때, 센서 어레이(11)를 구성하는 복수의 금속 산화물 가스 센서 각각은 온도 조절 장치에 인가된 전압에 의하여 측정하는 저항 값 및/또는 전도도 값이 변화할 수 있다. 일 실시예로, 온도 조절 장치에 인가된 전압이 변화하는 제1전압변화 시점에서, 센서 어레이(11)를 구성하는 복수의 금속 산화물 가스 센서 각각은 제1피크(peak) 값을 가지고, 온도 조절 장치에 인가된 전압이 변화하는 제2전압변화 시점에서, 센서 어레이(11)를 구성하는 복수의 금속 산화물 가스 센서 각각은 제2피크(peak) 값을 가질 수 있다. 이 때, 제1전압변화 시점으로부터 제2전압변화 시점 이전까지의 측정 값들을 제1피크 값으로 정규화하여, 정규화 데이터를 획득할 수 있다.
- [0063] 가스 혼합 장치(23)가 측정 공기 중의 가스 농도를 조절함으로써, 복수의 템플레이트 데이터를 획득할 수 있다. 예컨대, 가스 혼합 장치(23)가 측정 공기 중에 제1가스를 미리 설정된 농도로 혼합하였을 때의 정규화 데이터를 제1템플레이트 데이터로 사용할 수 있다.
- [0064] 온습도 보정 모델 생성 단계(S230)는 인공 신경망 알고리즘에 실험 측정 단계(S210)에서 미리 설정된 시나리오에 따라 센서 어레이(11)가 측정한 측정 데이터 셋들을 입력하여 반복 학습시키는 단계일 수 있다. 예컨대, 온습도 보정 모델 생성 단계(S230)에서 타겟 휘발성 유기 화합물이 제1농도일 때, 인공 신경망 알고리즘에 복수의 온도 및 습도 포인트에서 각 금속 산화물 센서들의 저항 값 및/또는 전도도 값이 제1측정 데이터 셋에 포함될 수 있다. 여기서 타겟 휘발성 유기 화합물의 종류는 사용자에게 의해 입력되거나, 가스 식별 모델에 의하여 식별되어 입력될 수 있다.
- [0065] 일 실시예에서, 인공 신경망 알고리즘은 베이지안 정규화-역전파(Bayesian regularization-backpropagation) 알고리즘을 사용할 수 있다. 일 실시예에서, 인공 신경망 알고리즘은 탄젠트-시그모이드(tangent-sigmoid) 알고리즘을 사용할 수 있다. 일 실시예에서, 인공 신경망 알고리즘은 베이지안 정규화-역전파 알고리즘 및 탄젠트-시그모이드 알고리즘을 사용할 수 있다.
- [0066] 인공 신경망 알고리즘은 측정 데이터 셋을 입력 받아 결과 값을 출력하고, 출력한 결과 값을 정답 값과 비교하여, 그 비교 결과가 일정 기준을 만족하도록 알고리즘을 갱신하여 반복 학습하는 것일 수 있다. 측정 데이터 셋을 이용하여 미리 반복 학습한 인공 신경망 알고리즘을 이용하여, 온습도 보정 모델을 생성할 수 있다.
- [0067] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 식별 모델의 동작 방법을 도시하는 순서도이다.
- [0068] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 식별 모델의 동작 방법은 스파이크 추출 단계(S221), 정규화 단계(S222), 차이값 산출 단계(S223), 템플레이트 매칭 단계(S224) 및 가스 식별 단계(S225)를 포함할 수 있다.

- [0069] 스파이크 추출 단계(S221)에서, 센서 어레이(11)가 측정한 측정 데이터의 제1전압변화 시점으로부터 제2전압변화 시점 이전까지의 측정 값들을 포함하는 스파이크를 추출할 수 있다. 이 때, 제1전압변화 시점은 센서 어레이(11)의 표면 온도를 변화시키는 온도 조절 장치에 제1전압이 인가되는 시점이고, 제2전압변화 시점은 온도 조절 장치에 제2전압이 인가되는 시점일 수 있다. 하나의 스파이크는 온도 조절 장치에 인가되는 전압이 변화함으로써 나타나는 하나의 피크(peak) 값을 가질 수 있다.
- [0070] 정규화 단계(S222)에서, 추출된 측정 데이터를 피크 값을 이용하여 정규화하여, 정규화 데이터를 획득할 수 있다.
- [0071] 차이값 산출 단계(S223)에서, 정규화 데이터와 복수의 템플레이트 데이터들의 차이를 산출할 수 있다. 정규화 데이터와 복수의 템플레이트 데이터들의 차이는 일정 시점에서의 정규화 값의 차이로부터 산출할 수 있다. 예컨대, 샘플 인덱스가 k_1 일때, 정규화 데이터 값과 제1템플레이트 데이터 값의 차($GAP_1(k_1)$)와 정규화 데이터 값과 제 n 템플레이트 데이터 값의 차($GAP_n(k_n)$)를 비교하여, 가장 차가 작은 템플레이트 데이터에 대응하는 가스의 종류가 k_1 에서의 식별 값이 될 수 있다.
- [0072] 템플레이트 매칭 단계(S224)에서, m 개의 샘플 인덱스($k_1, k_2, \dots, k_m$)에 대하여 식별 값을 획득하여, 가장 우세한 식별 값을 갖는 가스를 측정된 가스로 결정할 수 있다. 일 실시예에서, 템플레이트 매칭 단계(S224)는 아래의 식으로 나타낼 수 있다.
- [0073] [식 1]
- [0074] 1 for $k = 10, 20, 30$ do
- [0075] 2 $GAPB(k) = IS(k) - BSM(k)$
- [0076] 3 $GAPT(k) = IS(k) - TSM(k)$
- [0077] 4 $GAPE(k) = IS(k) - ESM(k)$
- [0078] 5 $GAPX(k) = IS(k) - XSM(k)$
- [0079] //choose the gas at k ,
- [0080] //which has the minimum gap value.
- [0081] 6 $Gas(k) \leftarrow \min\{GAPB(k), GAPT(k), GAPE(k), GAPX(k)\}$
- [0082] 7 if majority($Gas(10), Gas(20), Gas(30)$) exists,
- [0083] 8 Identified Gas = majority($Gas(10), Gas(20), Gas(30)$)
- [0084] 9 else
- [0085] //if there doesn't exist majority
- [0086] //Gas(10) would be Identified Gas empirically.
- [0087] 10 Identified Gas = Gas(10)
- [0088] 여기서, k 는 샘플 인덱스이고, $IS(k)$ 는 k 에서 정규화 데이터의 정규화 값이고, $BSM(k)$ 는 벤젠 템플레이트 데이터의 k 에서의 값이고, $TSM(k)$ 는 톨루엔 템플레이트 데이터의 k 에서의 값이고, $ESM(k)$ 는 에틸벤젠 템플레이트 데이터의 k 에서의 값이고, $XSM(k)$ 는 자일렌 템플레이트 데이터의 k 에서의 값이다.
- [0089] 가스 식별 단계(S225)에서, 템플레이트 매칭 단계(S224)를 통해 결정된 측정 가스의 종류를 사용자에게 출력하거나, 온습도 보정 모델에 전달할 수 있다.
- [0090] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 측정 데이터를 도시하는 그래프이다.
- [0091] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템은 일정 시간 간격으로 각 금속 산화물 센서의 저항 값을 측정할 수 있다. 여기서 R_s 는 각각의 금속 산화물 센서의 저항 값일 수 있다.
- [0092] 여기서, 금속 산화물 센서가 측정하는 값마다, 샘플 인덱스(k)가 부여될 수 있다. 따라서, 샘플 인덱스(k)는 시

간에 따라 순차적으로 부여되는 값일 수 있다.

- [0093] 센서 어레이의 표면 온도를 조절하는 온도 조절 장치는 일정 주기에 따라 인가되는 전압이 변화할 수 있다. 예컨대, 온도 조절 장치에 1.6 V, 1.7 V, 1.8 V, 1.7 V, 1.6 V의 전압을 소정의 시간 간격 동안 순차적으로 인가할 수 있다.
- [0094] 온도 조절 장치에 1.7 V의 전압이 인가되는 시점을 제1전압변화 시점이라고 하고, 온도 조절 장치에 1.6 V의 전압이 인가되는 시점을 제2전압변화 시점이라고 할 때, 제1전압변화 시점으로부터 제2전압변화 시점 이전까지의 측정 데이터를 하나의 스파이크(S)로 정의할 수 있다. 하나의 스파이크(S)는 제1전압변화 시점에서의 측정 값인 제1피크값을 가질 수 있다.
- [0095] 도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정장치의 동작을 설명하기 위한 그래프들이다.
- [0096] 도 7 및 도 8을 참조하면, 가스 모니터링 시스템의 온습도 보정 모델을 생성하기 위하여, 온도와 습도를 달리하는 복수 개의 시나리오가 존재할 수 있다. 예컨대, 온도 및 습도는 각각 세 개의 레벨 구간으로 나뉠 수 있다. A 점에서 온도와 습도는 가장 낮은 레벨이고, B 점에서 온도는 중간 레벨이고 습도는 가장 낮은 레벨이고, C 점에서 온도는 가장 높은 레벨이고 습도는 가장 낮은 레벨일 수 있다. D점에서 온도는 가장 낮은 레벨이고, 습도는 중간 레벨이고, E 점에서 온도와 습도는 중간 레벨이고, F 점에서 온도는 가장 높은 레벨이고 습도는 중간 레벨일 수 있다. 이와 마찬가지로, G점에서 온도는 가장 낮은 레벨이고 습도는 가장 높은 레벨일 수 있고, H 점에서 온도는 중간 레벨이고 습도는 가장 높은 레벨일 수 있고, I점에서 온도와 습도는 가장 높은 레벨일 수 있다.
- [0097] 본 발명의 실시예들은 이에 한정되는 것은 아니며, 온도와 습도의 레벨 구간을 보다 세밀하게 나누어 더 많은 수의 시나리오가 존재할 수도 있다. 온습도 조절 장치는 시나리오에 따라 측정 환경을 조절하여, 온습도 보정 모델의 학습을 위한 측정 데이터 셋을 획득할 수 있다.
- [0098] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템과 비교예들에 따른 가스 모니터링 시스템의 측정 결과를 도시하는 그래프들이다.
- [0099] 도 9 및 도 10에서, 측정값은 가스 모니터링 시스템에서 센서 어레이의 보정하지 않은 측정 데이터를 도시하는 그래프이고, 비교예 1은 선형 회귀분석(linear regression)을 이용한 보정 데이터를 도시하는 그래프이고, 비교예 2는 비선형 곡선 맞춤법(non-linear curve fitting)을 이용한 보정 데이터를 도시하는 그래프이고, 실시예는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정 방법을 이용한 보정 데이터를 도시하는 그래프이다. 여기서 목표 보정값은 실제 측정 환경에서 온습도의 영향이 없을 때 금속 산화물 센서가 측정할 것으로 예측되는 저항 값을 의미한다.
- [0100] 도 9를 참조하면, 보정하지 않은 측정 데이터에서, 온도와 습도가 변화할 때, 측정 데이터의 변화(variation) 값은 최대 60 %에 이르고, 비교예 1의 보정 데이터의 변화 값은 최대 32 %에 이르며, 비교예 2의 보정 데이터의 변화 값은 최대 31 %인 반면, 본 발명의 일 실시예에 따른 보정 데이터의 변화 값은 그 절반인 15 %인 것을 확인할 수 있었다.
- [0101] 도 10을 참조하면, 보정하지 않은 측정 데이터의 RMSE(Root Mean Square Error) 값을 1로 하였을 때, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠 및 자일렌에 대한 RMSE 값들이다.
- [0102] 비교예 1은 벤젠의 RMSE 값이 0.689이고, 톨루엔의 RMSE 값이 0.357이고, 에틸벤젠의 RMSE 값이 0.144이고, 자일렌의 RMSE 값이 0.310으로, 보정하지 않은 측정 데이터에 비하여 RMSE 값의 평균이 약 62.5 % 감소한 것을 확인하였다.
- [0103] 비교예 2는 벤젠의 RMSE 값이 0.568이고, 톨루엔의 RMSE 값이 0.270이고, 에틸벤젠의 RMSE 값이 0.198이고, 자일렌의 RMSE 값이 0.271으로, 보정하지 않은 측정 데이터에 비하여 RMSE 값의 평균이 약 67.3 % 감소한 것을 확인할 수 있다.
- [0104] 실시예는 벤젠 RMSE 값이 0.262이고, 톨루엔의 RMSE 값이 0.091이고, 에틸벤젠의 RMSE 값이 0.120이고, 자일렌의 RMSE 값이 0.211으로, 보정하지 않은 측정 데이터에 비하여 RMSE 값의 평균이 약 82.9 % 감소한 것을 확인할 수 있다.
- [0105] 따라서, 온습도 보정 모델을 이용한 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템은 온도와 습도의 영향

에 의한 측정값의 변화를 벤젠에 대하여 92 %, 톨루엔에 대하여 75 %, 에틸벤젠에 대하여 83 % 및 자일렌에 대하여 91 % 감소시킬 수 있다.

[0106] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 가스 모니터링 시스템의 보정방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성할 수 있고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등)와 같은 저장매체를 포함한다.

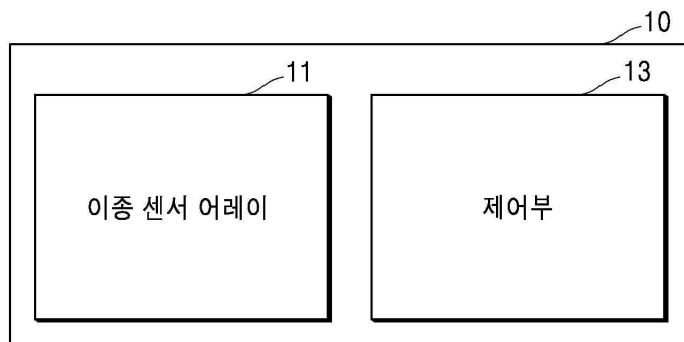
[0107] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

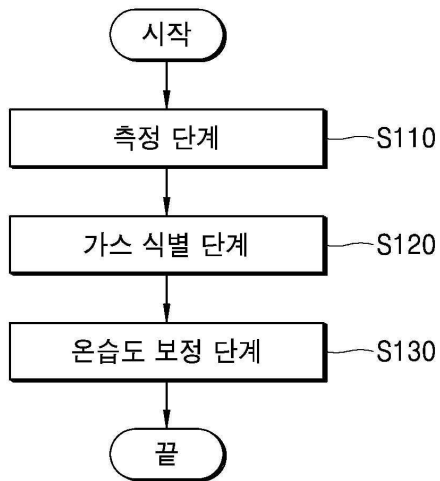
[0108] 10: 가스 모니터링 시스템
11: 센서 어레이
13: 제어부
20 : 환경 제어 장치
21: 온습도 조절 장치
23: 가스 혼합 장치

도면

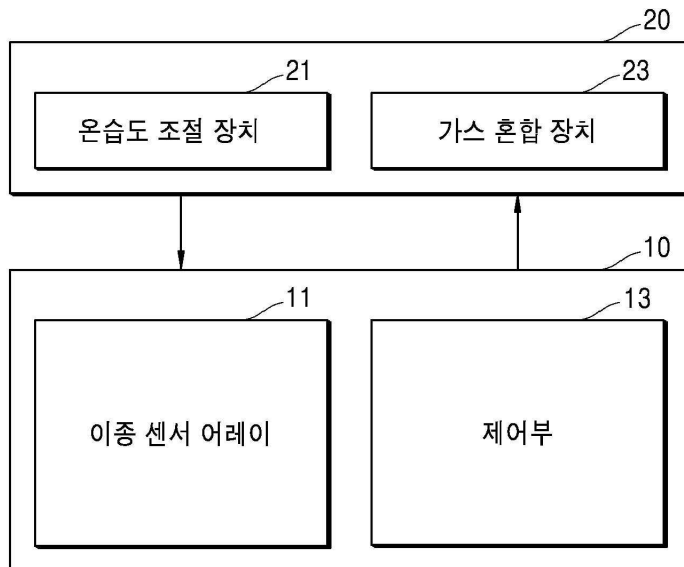
도면1



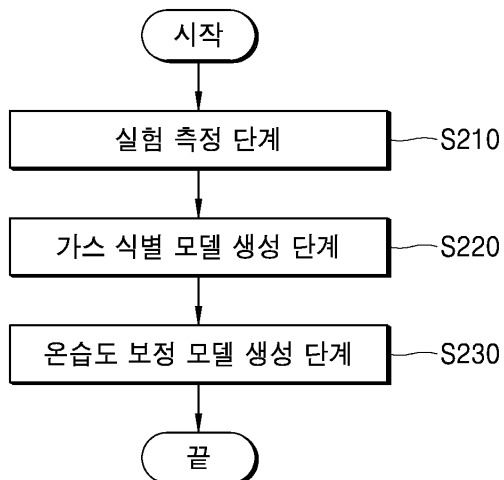
도면2



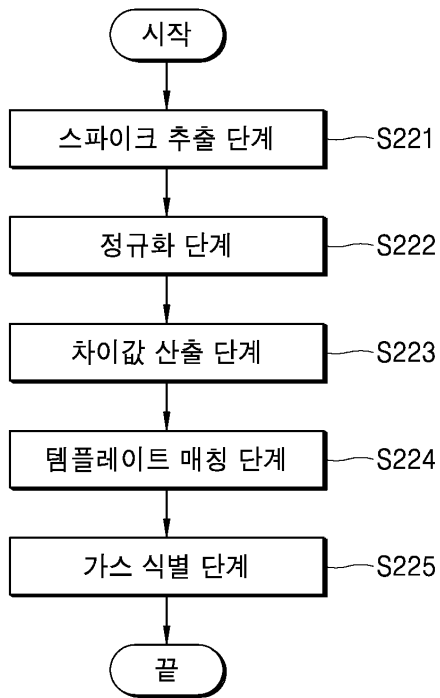
도면3



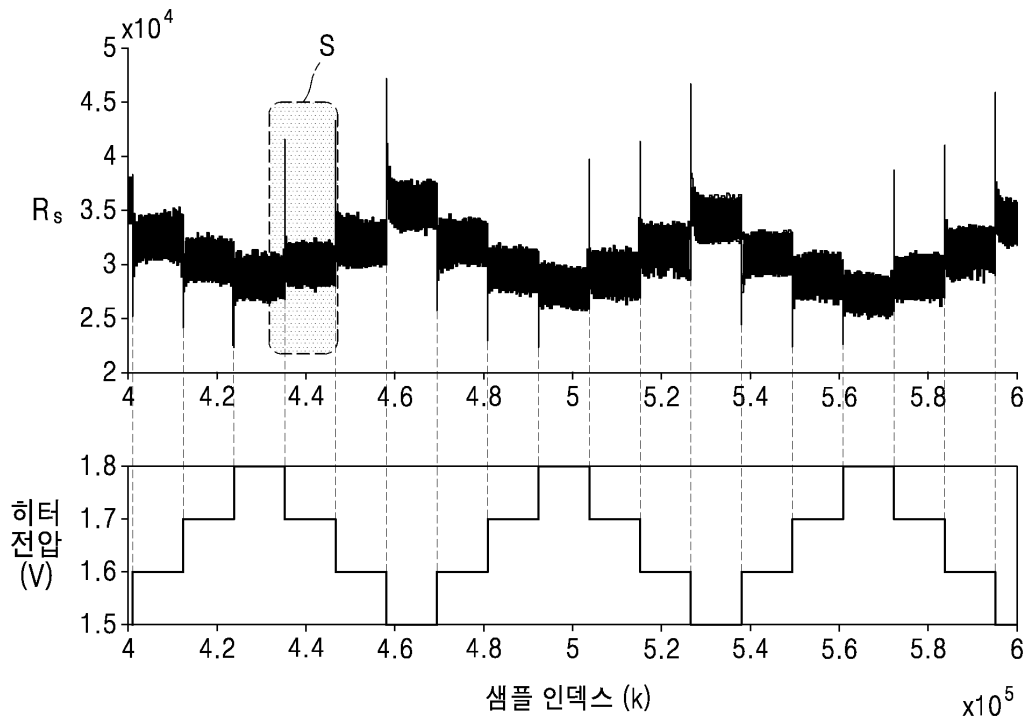
도면4



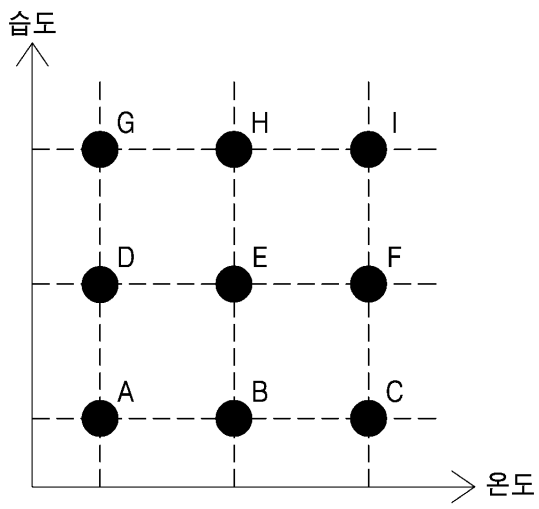
도면5



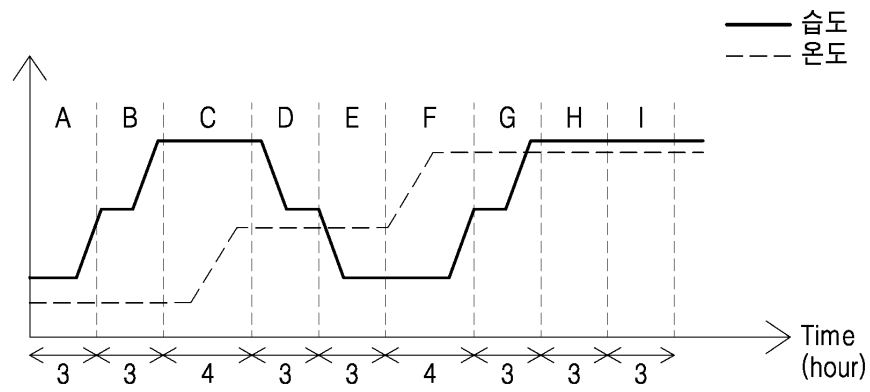
도면6



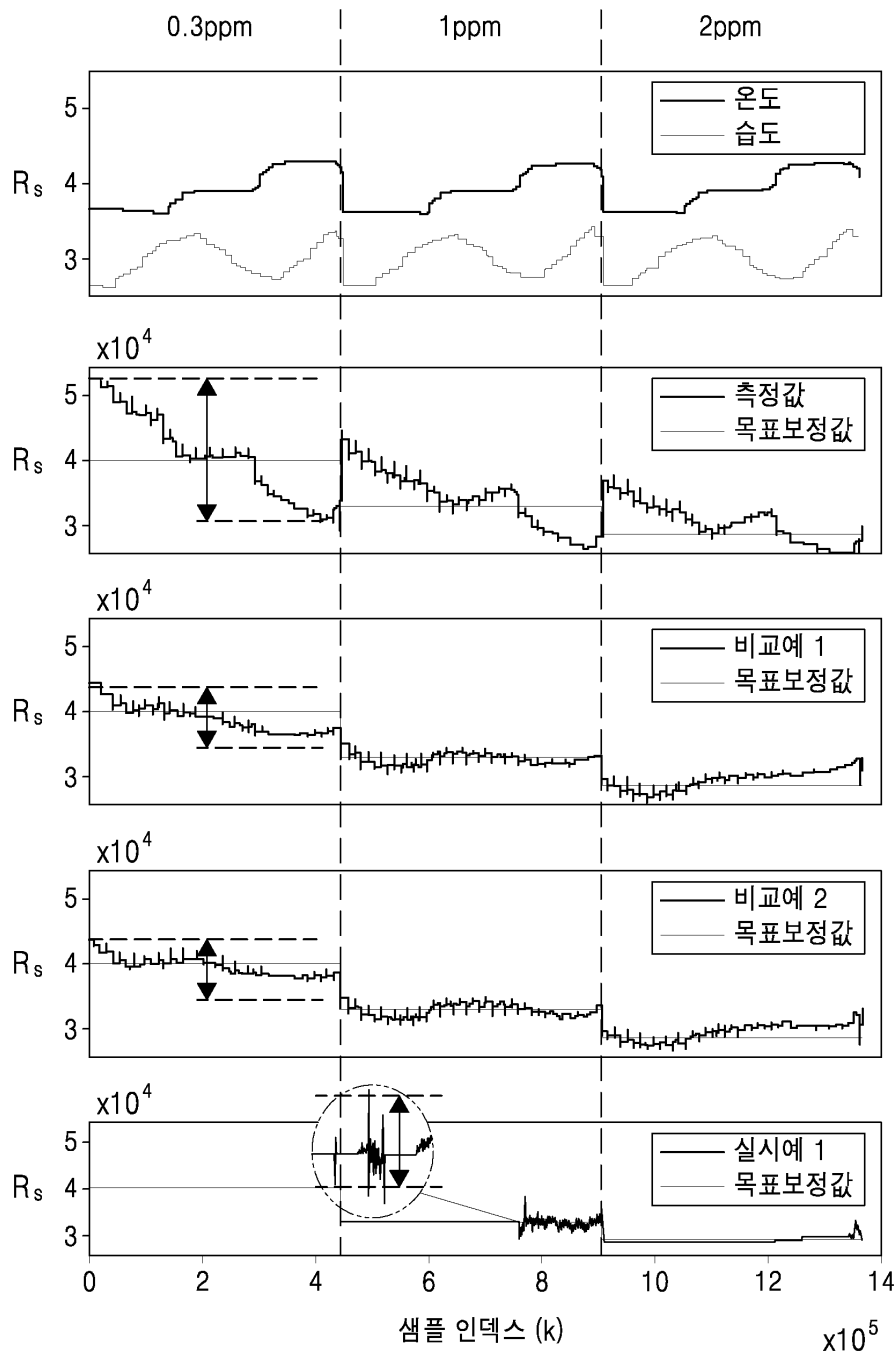
도면7



도면8



도면9



도면10

