



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0028086
(43) 공개일자 2025년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 27/22 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 27/227 (2013.01)

G01N 27/226 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0109274

(22) 출원일자 2023년08월21일

심사청구일자 2023년08월21일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

신흥주

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김태중

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **커패시턴스 측정에 기반한 가스 판별장치 및 방법**

(57) 요약

가스센서에 대한 커패시턴스(capacitance) 측정에 기반하여 가스의 종류를 판별하는 가스 판별장치 및 방법이 제공된다. 가스 판별장치는, 가스분자가 흡착되는 가스센서에 인가된 교류전원에 기초하여 임피던스를 측정하는 임피던스 측정부 및 임피던스로부터 획득한 커패시턴스 신호에 기초하여 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 가스 판별부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 2027/222 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415184142
과제번호	00144157
부처명	지식경제부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	시장선도를위한한국주도형K-Sensor기술개발(R&D)
연구과제명	다중센서의 융복합 및 초소형화를 위한 센서 플랫폼 기술 개발
기 여 율	30/100
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
기 여 율	70/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

가스분자가 흡착되는 가스센서;

상기 가스센서에 인가된 교류전원에 기초하여 상기 가스센서의 임피던스를 측정하는 임피던스 측정부; 및

상기 임피던스로부터 획득한 커패시턴스 신호에 기초하여 상기 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 가스 판별부를 포함하는 가스 판별장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가스 판별부는,

기 설정된 주파수 대역에 기초하여 상기 커패시턴스 신호의 주파수 별 커패시턴스를 산출하고, 상기 주파수 별 커패시턴스의 변화량에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 가스 판별장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 가스 판별부는,

상기 변화량에 기초하여 상기 설정된 주파수 대역에서 위상 그래프를 생성하고, 상기 위상 그래프로부터 하나 이상의 변곡점을 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 가스 판별장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 가스 판별부는,

상기 변곡점의 개수, 위치 및 형상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 가스 판별장치.

청구항 5

제2항에 있어서,

복수의 가스 각각에 대한 주파수 별 임피던스가 저장된 저장부를 더 포함하고,

상기 가스 판별부는,

기 저장된 상기 복수의 주파수 별 임피던스 중에서 상기 주파수 별 커패시턴스와 동일한 커패시턴스를 갖는 하나 이상의 주파수 별 임피던스에 대응되는 하나 이상의 가스를 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스로 판별하는 가스 판별장치.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 주파수 대역은 20Hz 내지 1MHz 사이의 복수의 주파수를 포함하는 가스 판별장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 가스센서는,

기관 상에 서로 이격 배치된 제1전극과 제2전극;

상기 제1전극과 상기 제2전극 사이를 연결하는 공중부유형(suspended type) 와이어 메쉬(mesh); 및

상기 와이어 메쉬를 따라 방사형으로 성장되어 일 방향으로 연결된 복수의 나노 와이어를 포함하고, 상기 복수의 나노 와이어 각각의 표면에 상기 가스분자가 흡착되는 감지부를 포함하는 가스 판별장치.

청구항 8

가스분자가 흡착된 가스센서에서 측정된 임피던스로부터 커패시턴스 신호를 획득하는 단계; 및

상기 커패시턴스 신호에 기초하여 상기 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함하는 가스 판별방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 대상가스를 판별하는 단계는,

기 설정된 주파수 대역에 기초하여 상기 커패시턴스 신호의 주파수 별 커패시턴스를 산출하는 단계; 및

상기 주파수 별 커패시턴스의 변화량에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함하는 가스 판별방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 대상가스를 판별하는 단계는,

상기 변화량에 기초하여 상기 설정된 주파수 대역에서 위상 그래프를 생성하는 단계; 및

상기 위상 그래프로부터 하나 이상의 변곡점을 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함하는 가스 판별방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 대상가스를 판별하는 단계는,

상기 변곡점의 개수, 위치 및 형상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 더 포함하는 가스 판별방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 대상가스를 판별하는 단계는,

기 저장된 복수의 가스 각각의 주파수 별 임피던스 중에서 상기 주파수 별 커패시턴스와 동일한 커패시턴스를 갖는 하나 이상의 주파수 별 임피던스에 대응되는 하나 이상의 가스를 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스로 판별하는 단계를 포함하는 가스 판별방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 주파수 대역은 20Hz 내지 1MHz 사이의 복수의 주파수를 포함하는 가스 판별방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 커패시턴스 신호를 획득하는 단계는,

상기 가스센서에 교류전원을 인가하여 상기 가스센서의 상기 임피던스를 측정하는 단계를 포함하는 가스 판별방법.

청구항 15

컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은,

가스분자가 흡착된 가스센서에서 측정된 임피던스로부터 커패시턴스 신호를 획득하는 단계; 및

상기 커패시턴스 신호에 기초하여 상기 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함하는 가스 판별방법을 프로세서가 수행하기 위한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 16

컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 프로그램은,

가스분자가 흡착된 가스센서에서 측정된 임피던스로부터 커패시턴스 신호를 획득하는 단계; 및

상기 커패시턴스 신호에 기초하여 상기 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함하는 가스 판별방법을 프로세서가 수행하기 위한 명령어를 포함하는 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 가스센서에 대한 커패시턴스(capacitance) 측정에 기반하여 가스의 종류를 판별하는 가스 판별장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 가스센서는 메탄 또는 프로판 등의 가연성 가스, 이산화탄소 또는 수소 등과 같은 각종 가스의 종류 또는 농도를 검출하는 센서이다. 이러한 가스센서는 가스 감지 방식에 따라 연소형, 전기화학적, 열전도형 및 반도체형 등으로 구분되며, 최근에는 간단한 구조 및 우수한 감도 특성으로 인해 반도체형 가스센서가 널리 사용되고 있다.
- [0003] 종래의 반도체형 가스센서는 금속산화물 반도체인 SnO_2 , ZnO , In_2O_3 등의 소결체로서 공기 중 특정 가스의 유무 및 농도를 저항 변화로 측정한다.
- [0004] 예컨대, SnO_2 가 n형 반도체로 이용되는 반도체형 가스센서는 양이온(Sn)의 수보다 음이온(O)의 수가 정량적으로 적어서 부족한 음이온을 대기 중에서 흡착하여 양/음이온 개수 비의 불균형을 해소하려는 경향이 있다.
- [0005] 이러한 반도체형 센서가 특정 가스에 노출되면 표면에 흡착된 산소 음이온이 가스에 반응하여 탈착되며, 이로 인해 반도체의 전기 전도도 변화로 인해 저항변화가 발생된다. 이에, 반도체형 가스센서는 반도체의 저항 변화에 기초하여 검출하고자 하는 가스의 존재 유무, 종류 또는 농도를 판별하게 된다.
- [0006] 그러나, 종래의 반도체형 가스센서는 교차 민감도, 기저 저항의 드리프트 현상, 비선형성, 낮은 안정성 및 민감도 저하 등으로 인해 가스 검출 및 판별의 정확도가 저하되는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2350951호(2022.01.14.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 가스센서에 대한 커패시턴스 측정에 기반하여 가스의 종류를 판별하는 가스 판별장치 및 방법을 제공하고자 하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 판별장치는, 가스분자가 흡착되는 가스센서; 상기 가스센서에 인가된 교류전원에 기초하여 상기 가스센서의 임피던스를 측정하는 임피던스 측정부; 및 상기 임피던스로부터 획득한 커패시턴스 신호에 기초하여 상기 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 가스 판별부를 포함한다.
- [0010] 상기 가스 판별부는, 기 설정된 주파수 대역에 기초하여 상기 커패시턴스 신호의 주파수 별 커패시턴스를 산출하고, 상기 주파수 별 커패시턴스의 변화량에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별한다.
- [0011] 또한, 상기 가스 판별부는, 상기 변화량에 기초하여 상기 설정된 주파수 대역에서 위상 그래프를 생성하고, 상기 위상 그래프로부터 하나 이상의 변곡점을 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별한다.
- [0012] 또한, 상기 가스 판별부는, 상기 변곡점의 개수, 위치 및 형상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별한다.
- [0013] 본 실시예의 가스 판별장치는, 복수의 가스 각각에 대한 주파수 별 임피던스가 저장된 저장부를 더 포함한다.
- [0014] 상기 가스 판별부는, 기 저장된 상기 복수의 주파수 별 임피던스 중에서 상기 주파수 별 커패시턴스와 동일한 커패시턴스를 갖는 하나 이상의 주파수 별 임피던스에 대응되는 하나 이상의 가스를 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스로 판별한다.
- [0015] 여기서, 상기 주파수 대역은 20Hz 내지 1MHz 사이의 복수의 주파수를 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 가스센서는, 기판 상에 서로 이격 배치된 제1전극과 제2전극; 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이를 연결하는 공중부유형(suspended type) 와이어 메쉬(mesh); 및 상기 와이어 메쉬를 따라 방사형으로 성장되어 일 방향으로 연결된 복수의 나노 와이어를 포함하고, 상기 복수의 나노 와이어 각각의 표면에 상기 가스분자가 흡착되는 감지부를 포함한다.

- [0017] 본 발명의 실시예에 따른 가스 판별방법은, 가스분자가 흡착된 가스센서에서 측정된 임피던스로부터 커패시턴스 신호를 획득하는 단계; 및 상기 커패시턴스 신호에 기초하여 상기 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함한다.
- [0018] 상기 대상가스를 판별하는 단계는, 기 설정된 주파수 대역에 기초하여 상기 커패시턴스 신호의 주파수 별 커패시턴스를 산출하는 단계; 및 상기 주파수 별 커패시턴스의 변화량에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함한다.
- [0019] 또한, 상기 대상가스를 판별하는 단계는, 상기 변화량에 기초하여 상기 설정된 주파수 대역에서 위상 그래프를 생성하는 단계; 및 상기 위상 그래프로부터 하나 이상의 변곡점을 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 포함한다.
- [0020] 또한, 상기 변곡점의 개수, 위치 및 형상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 하나 이상의 대상가스를 판별하는 단계를 더 포함한다.
- [0021] 또한, 상기 대상가스를 판별하는 단계는, 기 저장된 복수의 가스 각각의 주파수 별 임피던스 중에서 상기 주파수 별 커패시턴스와 동일한 커패시턴스를 갖는 하나 이상의 주파수 별 임피던스에 대응되는 하나 이상의 가스를 추출하여 상기 하나 이상의 대상가스로 판별하는 단계를 포함한다.
- [0022] 여기서, 상기 주파수 대역은 20Hz 내지 1MHz 사이의 복수의 주파수를 포함한다.
- [0023] 상기 커패시턴스 신호를 획득하는 단계는, 상기 가스센서에 교류전원을 인가하여 상기 가스센서의 상기 임피던스를 측정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명은 가스센서에서 측정된 임피던스의 커패시턴스 신호에 기초하여 가스센서에 흡착된 가스분자에 대한 대상가스를 판별함으로써, 신호의 드리프트 발생을 방지하여 가스센서의 감도 및 범위를 향상시키고, 가스센서의 반응속도를 감소시킬 수 있어, 가스 판별에 대한 정확도 및 속도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 판별장치를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스센서를 나타내는 도면이다.
- 도 3은 도 2를 II~II'의 선으로 절단한 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 가스 판별방법을 나타내는 도면이다.
- 도 5 내지 도 7은 본 발명의 가스 판별방법에 대한 실시예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 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.
- [0027] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 판별장치를 나타내는 도면이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 본 실시예의 가스 판별장치(100)는 가스센서(110), 프로세서(120), 전원부(130), 임피던스 측정부(140), 대상가스 판별부(150) 및 저장부(160)를 포함할 수 있다.

- [0031] 가스센서(110)는 표면에 흡착되는 가스분자에 대한 감지신호를 출력할 수 있다. 여기서, 가스센서(110)에는 외부, 예컨대, 전원부(130)로부터 교류전원이 인가될 수 있으며, 흡착된 가스분자로 인한 교류전원의 변화에 따른 감지신호를 출력할 수 있다.
- [0032] 이러한 가스센서(110)는 N형 또는 P형반도체를 포함하는 반도체형 센서일 수 있다.
- [0033] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스센서를 나타내는 도면이고, 도 3은 도 2를 II~II'의 선으로 절단한 단면도이다.
- [0034] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 실시예의 가스센서(110)는 기관(111), 전극부, 와이어 메쉬(114) 및 감지부(115)를 포함할 수 있다. 또한, 가스센서(110)는 기관(111)의 일면, 예컨대 전극부가 배치된 면과 대향되는 면에 하나 이상 배치된 가열부(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 전극부는 제1전극(112) 및 제2전극(113)을 포함할 수 있다. 제1전극(112) 및 제2전극(113)은 기관(111) 상에 소정 간격으로 이격되어 배치될 수 있다.
- [0036] 와이어 메쉬(114)는 제1전극(112)과 제2전극(113) 사이에 위치되어 두 전극을 전기적으로 연결시킬 수 있다. 여기서, 와이어 메쉬(114)는 제1전극(112)과 제2전극(113) 사이에서 공중부유(suspended) 형태로 배치될 수 있다. 이러한 와이어 메쉬(114)는 메쉬 구조를 형성하는 복수의 탄소 나노 와이어를 포함할 수 있다.
- [0037] 감지부(115)는 와이어 메쉬(114)를 따라 배치된 복수의 나노 와이어를 포함할 수 있다. 여기서, 감지부(115)의 복수의 나노 와이어는 금속 산화물일 수 있으며, 이러한 금속 산화물은 n형 반도체 또는 p형 반도체일 수 있다.
- [0038] 예컨대, 감지부(115)가 n형 반도체인 경우에, 복수의 나노 와이어를 형성하는 금속 산화물은 산화주석(SnO₂), 이산화타이타늄(TiO₂), 산화아연(ZnO), 삼산화텅스텐(WO₃), 산화철(Fe₂O₃), 산화인듐(In₂O₃) 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0039] 또한, 감지부(115)가 p형 반도체인 경우에, 복수의 나노 와이어를 형성하는 금속 산화물은 산화니켈(NiO), 산화구리(CuO), 사산화삼코발트(Co₃O₄), 산화크로뮴(Cr₂O₃) 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0040] 이러한 감지부(115)의 복수의 나노 와이어는 와이어 메쉬의 메쉬 노드를 기준으로 방사형으로 성장될 수 있으며, 이로 인해 복수의 나노 와이어가 와이어 메쉬의 빈 공간에서 브릿지(bridge) 형태로 연결되어 일방향으로 연결된 연속적인 복수의 접합부를 형성할 수 있다.
- [0041] 이에, 본 실시예의 가스센서(110)는 감지부(115)의 복수의 나노 와이어의 표면 및 상기 복수의 나노 와이어로부터 형성된 복수의 접합부에 의해 가스 감지 효율이 높아질 수 있다.
- [0042] 예컨대, 가스센서(110)가 소정의 온도로 가열되면, 감지부(115)의 표면에 산소 이온이 흡착되어 전자 결핍층이 형성된다. 이때, 전자 결핍층의 저항이 감지부(115)에 비하여 상대적으로 매우 낮으므로, 전극부에서 출력되는 메인 전류는 감지부(115)를 관통하여 흐르게 된다.
- [0043] 또한, 감지부(115)의 복수의 나노 와이어 및 이에 의한 복수의 접합부에는 메인 전류로부터 분기되는 서브 전류가 흐르게 되며, 이러한 서브 전류는 복수의 나노 와이어의 저항 성분과 커패시턴스 성분이 병렬 연결된 형태로 흐르게 된다. 여기서, 커패시턴스 성분은 감지부(115)의 표면과 계면에서의 전하 축적 및 편광 효과로부터 발생된다.
- [0044] 이때, 가스센서(110)의 감지부(115)에 가스 분자가 흡착되면, 흡착된 가스 분자로 인해 감지부(115)의 표면에서 전자의 이동이 발생되어 기 형성된 전자 결핍층의 두께가 변화된다. 이러한 전자 결핍층의 두께 변화는 감지부(115)의 표면 전하와 계면 쌍극자의 변화를 유도하여 전술된 커패시턴스 성분의 변화로 나타나게 된다.
- [0045] 이에, 본 실시예의 가스 판별장치(100)는 가스센서(110)의 커패시턴스 변화에 기초하여 가스센서(110)의 감지부(115)에 흡착된 가스 분자에 의한 대상가스를 정확하게 판별할 수 있다.
- [0046] 다시 도 1을 참조하면, 프로세서(120)는 본 실시예의 가스 판별장치(100)의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(120)는 가스센서(110)로부터 감지신호가 출력되면, 임피던스 측정부(140) 및 대상가스 판별부(150)의 동작을 제어하여 감지신호에 대응되는 하나 이상의 대상가스가 판별되도록 할 수 있다.
- [0047] 전원부(130)는 가스센서(110)에 교류전원을 인가할 수 있다. 여기서, 전원부(130)는 소정 세기의 교류전압 또는 교류전류를 가스센서(110)에 인가할 수 있다. 이러한 교류전원은 주파수 성분을 포함할 수 있다.

- [0048] 임피던스 측정부(140)는 교류전원이 인가된 가스센서(110)의 임피던스를 측정할 수 있다. 여기서, 임피던스 측정부(140)는 전술한 가스센서(110)의 감지부(115), 즉 가스분자가 흡착된 감지부(115)에 대한 임피던스를 측정할 수 있다.
- [0049] 이러한 임피던스 측정부(140)는 임피던스의 크기, 임피던스의 위상, 임피던스의 실수부, 리액턴스, 어드미턴스의 크기, 어드미턴스의 위상, 커패시턴스 및 서셉턴스 중 하나 이상의 파라미터를 측정된 임피던스로 출력하는 임피던스 측정기, 예컨대 LCR미터일 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.
- [0050] 대상가스 판별부(150)는 임피던스 측정부(140)에서 출력된 가스센서(110)의 임피던스로부터 커패시턴스 신호를 획득하고, 획득된 커패시턴스 신호에 기초하여 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상 가스를 판별할 수 있다.
- [0051] 예컨대, 가스센서(110)에 대한 측정된 임피던스는 아래 [수학식 1]과 같이 실수부와 허수부를 포함하는 복소수의 형태로 나타낼 수 있다.
- [0052] [수학식 1]
- [0053]
$$Z = R + jX$$
- [0054]
$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$
- [0055] 여기서, R은 레지스턴스(resistance)이고, X는 리액턴스(reactance)이고, L은 인덕턴스(inductance)이고, C는 커패시턴스(capacitance)이고, ω 는 각주파수($2\pi f$)일 수 있다.
- [0056] 또한, 임피던스의 실수부는 아래 [수학식 2]와 같이 나타낼 수 있고, 임피던스의 허수부는 [수학식 3]과 같이 나타낼 수 있다.
- [0057] [수학식 2]
- [0058]
$$Z_1 = \frac{R}{1 + (2\pi fCR)^2}$$
- [0059] [수학식 3]
- [0060]
$$Z_2 = \frac{-R^2 C 2\pi f}{1 + (2\pi fCR)^2}$$
- [0061] 따라서, 가스센서(110)의 임피던스는 아래의 [수학식 4]와 같이 나타낼 수 있으며, 대상가스 판별부(150)는 [수학식 4]의 임피던스로부터 저항 신호, 커패시턴스 신호 및 인덕턴스 신호를 분리하고, 그에 따라 커패시턴스 신호를 획득할 수 있다.
- [0062] [수학식 4]
- [0063]
$$Z = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} \angle \tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$
- [0064] 또한, 대상가스 판별부(150)는 획득된 커패시턴스 신호의 주파수 별 변화량에 기초하여 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0065] 예컨대, 대상가스 판별부(150)는 기 설정된 주파수 대역에 기초하여 커패시턴스 신호의 주파수를 변화시키면서 주파수 별 커패시턴스를 산출할 수 있다.
- [0066] 여기서, 설정된 주파수 대역은 20Hz~1MHz일 수 있으며, 대상가스 판별부(150)는 설정된 주파수 대역에 포함된 복수의 주파수 각각에 따라 커패시턴스 신호의 주파수를 변화시키면서 주파수 별 커패시턴스를 산출할 수 있다.
- [0067] 또한, 대상가스 판별부(150)는 산출된 주파수 별 커패시턴스의 변화량에 기초하여 설정된 주파수 대역에서 위상 그래프를 생성할 수 있다.

- [0068] 대상가스 판별부(150)는 생성된 위상 그래프에서 하나 이상의 변곡점, 예컨대 특정 주파수에서 커패시턴스 값이 완화(relaxation)되는 지점을 추출할 수 있다.
- [0069] 이에, 대상가스 판별부(150)는 추출된 변곡점의 대응되는 주파수 또는 변곡점의 개수에 기초하여 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0070] 한편, 가스센서(110)에는 복수의 가스에 대한 가스분자가 흡착될 수 있으며, 이에 따라 대상가스 판별부(150)는 복수의 가스에 대한 복수의 위상 그래프를 생성할 수 있다.
- [0071] 이에, 대상가스 판별부(150)는 복수의 위상 그래프 각각에서 변곡점을 추출할 수 있으며, 추출된 각 위상 그래프의 변곡점이 대응되는 주파수 또는 각 위상 그래프의 변곡점 개수, 위치 또는 형상에 기초하여 복수의 가스분자 각각에 대응되는 복수의 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0072] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따라, 대상가스 판별부(150)는 임피던스 측정부(140)에서 출력된 가스센서(110)의 임피던스로부터 어드미턴스 신호를 획득하고, 획득된 어드미턴스 신호에 기초하여 복수의 가스 분자 각각에 대응되는 복수의 대상가스를 판별할 수도 있다.
- [0073] 예컨대, 대상가스 판별부(150)는 전술한 [수학식 1]로 표현된 임피던스의 역수를 취해 어드미턴스 신호를 획득할 수 있다. 이러한 어드미턴스 신호는 아래 [수학식 5]와 같이 나타낼 수 있다.
- [0074] [수학식 5]
- $$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R^2 + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} - j \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R^2 + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$
- [0075]
- [0076] 대상가스 판별부(150)는 기 설정된 주파수 대역, 예컨대 20Hz~1MHz의 주파수 대역 내에서 어드미턴스 신호의 주파수를 변화시키면서 주파수 별 어드미턴스를 산출할 수 있다.
- [0077] 이에, 대상가스 판별부(150)는 산출된 주파수 별 어드미턴스의 변화량에 기초하여 복수의 가스분자 각각에 대응되는 복수의 어드미턴스 그래프를 생성할 수 있다. 그리고, 대상가스 판별부(150)는 복수의 어드미턴스 그래프 간 차이에 따라 복수의 가스분자 각각에 대응되는 복수의 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0078] 저장부(160)에는 복수의 가스에 대한 주파수 별 임피던스 또는 주파수 별 어드미턴스가 저장될 수 있다.
- [0079] 이에, 전술된 대상가스 판별부(150)는 임피던스에서 획득한 커패시턴스 신호로부터 주파수 별 커패시턴스를 산출하고, 저장부(160)에 저장된 복수의 가스 각각의 주파수 별 임피던스 중에서 기 산출된 주파수 별 커패시턴스와 동일한 커패시턴스를 갖는 하나 이상의 주파수 별 임피던스를 추출할 수 있다. 그리고, 대상가스 판별부(150)는 추출된 하나 이상의 주파수 별 임피던스 각각에 대응되는 가스를 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 하나 이상의 대상가스로 판별할 수도 있다.
- [0080] 또한, 대상가스 판별부(150)는 임피던스에서 획득한 어드미턴스 신호로부터 주파수 별 어드미턴스를 산출하고, 저장부(160)에 저장된 복수의 가스 각각의 주파수 별 어드미턴스 중에서 기 산출된 어드미턴스와 동일한 어드미턴스에 대응되는 가스를 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 대상가스로 판별할 수도 있다.
- [0081] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 가스 판별방법을 나타내는 도면이다.
- [0082] 도 4를 참조하면, 가스센서(110)에 가스분자가 흡착될 수 있다. 여기서, 가스분자는 앞서 도 3을 참조하여 설명된 가스센서(110)의 감지부(115)에 흡착될 수 있다.
- [0083] 다음으로, 가스센서(110)에 가스분자가 흡착되면, 전원부(130)는 가스센서(110)에 교류전원을 인가할 수 있다(S10). 이에, 가스센서(110)의 가스분자가 흡착된 감지부(115)에 교류전원이 인가될 수 있다.
- [0084] 계속해서, 임피던스 측정부(140)는 가스센서(110)의 감지부(115)에 대한 임피던스를 측정하여 출력할 수 있다. 이에, 대상가스 판별부(150)는 출력된 가스센서(110)의 임피던스에서 커패시턴스 신호를 분리하여 획득할 수 있다(S20).
- [0085] 다음으로, 대상가스 판별부(150)는 기 설정된 주파수 대역 내 복수의 주파수 각각을 커패시턴스 신호에 적용하여 주파수 별 커패시턴스를 산출할 수 있다(S30).

- [0086] 여기서, 설정된 주파수 대역은 20Hz~1MHz일 수 있으며, 대상가스 판별부(150)는 설정된 주파수 대역에 포함된 복수의 주파수 각각에 따라 커패시턴스 신호의 주파수를 변화시키면서 주파수 별 커패시턴스를 산출할 수 있다.
- [0087] 계속해서, 대상가스 판별부(150)는 주파수 별 커패시턴스의 변화량에 기초하여 설정된 주파수 대역에서 위상 그래프를 생성할 수 있다(S40).
- [0088] 다음으로, 대상가스 판별부(150)는 복수의 위상 그래프 각각에서 변곡점을 추출할 수 있다. 그리고, 추출된 변곡점에 대응되는 주파수 또는 변곡점 개수에 기초하여 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 대상가스를 판별할 수 있다(S50).
- [0089] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따라 대상가스 판별부(150)는 측정된 가스센서(110)의 임피던스로부터 어드미턴스 신호를 획득하고, 설정된 주파수 대역의 복수의 주파수 각각에 따라 어드미턴스 신호의 주파수를 변화시키면서 주파수 별 어드미턴스를 산출하며, 주파수 별 어드미턴스의 변화량에 기초하여 복수의 어드미턴스 그래프를 생성하여 각 어드미턴스 그래프로부터 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대응되는 대상가스를 판별할 수도 있다.
- [0090] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 가스 판별방법에 대한 실시예를 나타내는 도면들이다.
- [0091] 여기서, 도 5는 본 발명의 가스 판별장치(100)의 가스센서(110)에 흡착된 복수의 가스에 대한 임피던스 그래프를 나타내고, 도 6은 도 5의 임피던스 그래프에 기초하여 생성된 주파수 별 위상 및 로그스케일 된 임피던스의 그래프를 나타내고, 도 7은 도 5의 임피던스 그래프에 기초하여 생성된 어드미턴스 그래프를 나타낸다.
- [0092] 가스 판별장치(100)의 가스센서(110)에 복수의 가스, 예컨대 아황산가스(SO₂) 및 일산화탄소(CO) 각각의 가스분자가 흡착되면, 가스 판별장치(100)는 가스센서(110)로부터 임피던스를 측정할 수 있다.
- [0093] 여기서, 도 5에 도시된 바와 같이, 복수의 가스에 대한 임피던스 그래프, 즉 아황산가스(SO₂)에 대한 임피던스 그래프와 일산화탄소(CO)에 대한 임피던스 그래프가 낮은 주파수 대역에서 임피던스 변곡점이 형성되어 서로 겹쳐져 나타나게 되어 가스 판별장치(100)를 이용하여 대상가스를 판별하는 것이 용이하지 않다.
- [0094] 다만, 아황산가스(SO₂)에 대한 임피던스 그래프와 일산화탄소(CO)에 대한 임피던스 그래프는 높은 주파수 대역, 예컨대 10² 이상의 주파수 대역에서는 미세한 임피던스 차이가 존재한다.
- [0095] 이에, 도 6에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 가스 판별장치(100)는 가스센서(110)에서 측정된 임피던스에 기초하여 임피던스를 로그스케일화 함으로써 10² 이상의 주파수 대역에서 대상가스 별 차이를 명확하게 나타낼 수 있다. 또한, 주파수 별 위상 그래프를 생성하고, 이를 이용하여 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0096] 여기서, 주파수 별 위상 그래프는 기 설정된 주파수 대역에서 주파수 별 커패시턴스 변화량에 대응되는 위상(phase)을 포함할 수 있다.
- [0097] 따라서, 본 실시예의 가스 판별장치(100)의 대상가스 판별부(150)는 주파수 별 위상 그래프(Phase)에서 하나 이상의 변곡점을 추출하고, 추출된 변곡점이 대응되는 주파수 또는 변곡점 개수에 따라 복수의 가스분자 각각에 대응되는 복수의 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0098] 예컨대, 도 6에 도시된 바와 같이, 대상가스 판별부(150)에 의해 변곡점이 추출된 위상 그래프(Phase)로부터 일산화탄소(CO)가 대상가스로 판별될 수 있고, 변곡점이 추출되지 않은 위상 그래프(Phase)로부터 아황산가스(SO₂)가 대상가스로 판별될 수 있다.
- [0099] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 가스 판별장치(100)는 가스센서(110)에서 측정된 임피던스에 기초하여 어드미턴스 그래프를 생성하고, 이를 이용하여 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0100] 여기서, 아황산가스(SO₂)에 대한 어드미턴스 그래프와 일산화탄소(CO)에 대한 어드미턴스 그래프 각각은 기 설정된 주파수 대역에서 주파수 별 서로 다른 어드미턴스 변화량을 가질 수 있다.
- [0101] 이에, 가스 판별장치(100)의 대상가스 판별부(150)에 의해 도 7에 도시된 어드미턴스 그래프로부터 아황산가스(SO₂) 또는 일산화탄소(CO) 중 적어도 하나가 대상가스로 판별될 수 있다.
- [0102] 상술한 바와 같이, 본 실시예의 가스 판별방법은 가스센서(110)로부터 측정된 임피던스에서 획득한 커패시턴스 신호에 기초하여 가스센서(110)에 흡착된 가스분자에 대한 대상가스를 판별할 수 있다.
- [0103] 이에, 본 발명은 기존의 가스센서의 저항 변화 측정방법과 대비하여 신호의 드리프트가 발생되지 않아 가스센서

의 감도 및 범위를 향상시키고, 가스센서의 반응속도를 감소시킬 수 있어, 가스 판별의 정확도 및 속도를 높일 수 있다.

[0104] 이상에서 설명된 본 발명의 블록도의 각 블록과 순서도의 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 인코딩 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록 또는 순서도의 각 단계에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방법으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 또는 순서도 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 블록도의 각 블록 및 순서도의 각 단계에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0105] 또한, 각 블록 또는 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 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들 또는 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0106] 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

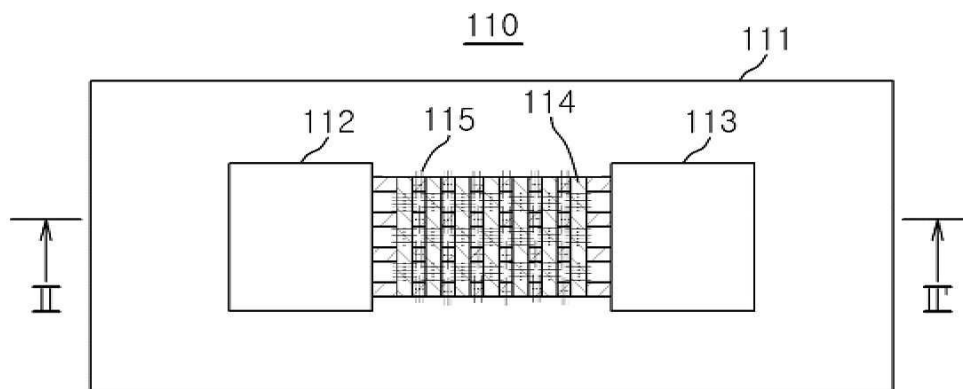
[0107] 100: 가스 판별장치
110: 가스센서
120: 프로세서
130: 전원부
140: 임피던스 측정부
150: 대상가스 판별부
160: 저장부

도면

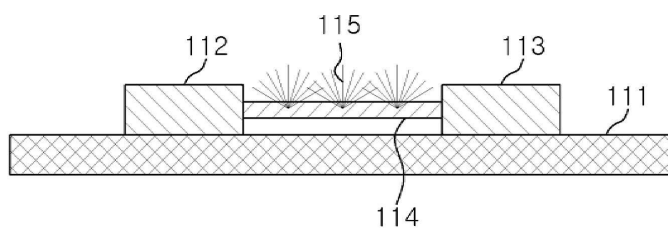
도면1



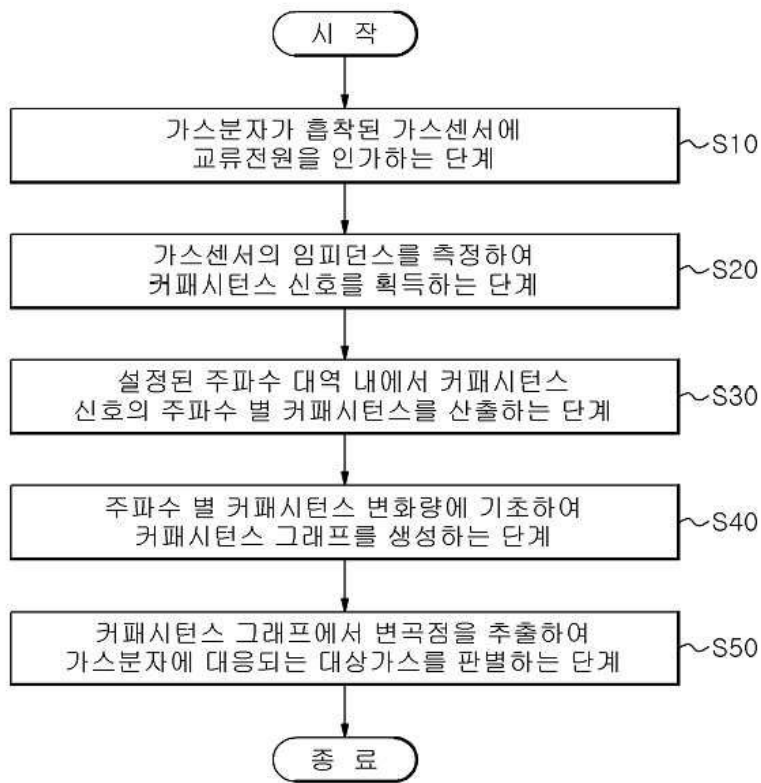
도면2



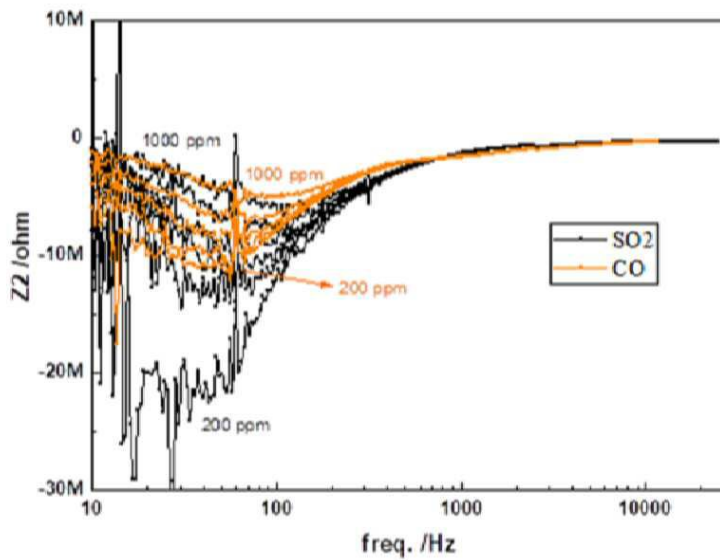
도면3



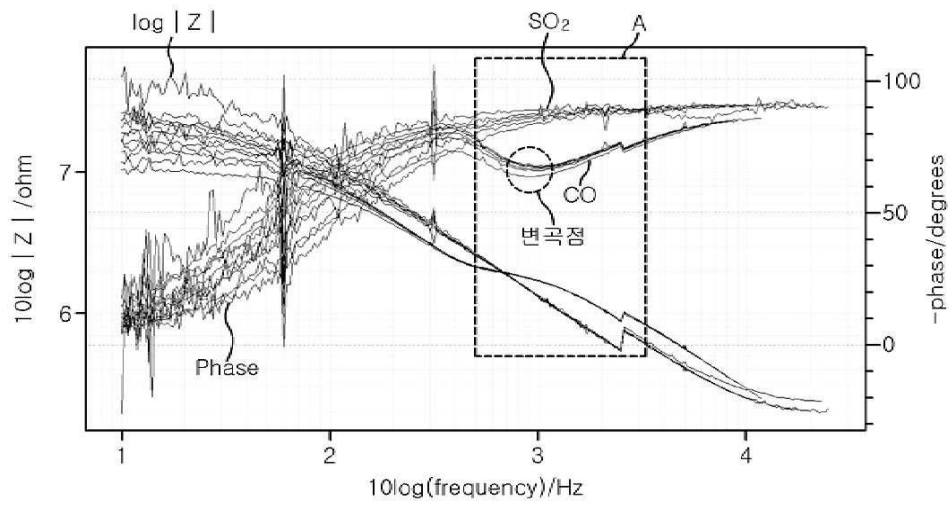
도면4



도면5



도면6



도면7

