



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0083205
(43) 공개일자 2018년07월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 29/024 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01N 29/024 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0005522

(22) 출원일자 2017년01월12일

심사청구일자 2017년01월12일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이태수

경기도 가평군 설악면 장수로 159-118

류승현

서울특별시 마포구 창전로2길 10, 102동 506호(신수동, 대원칸타빌아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인명인

전체 청구항 수 : 총 2 항

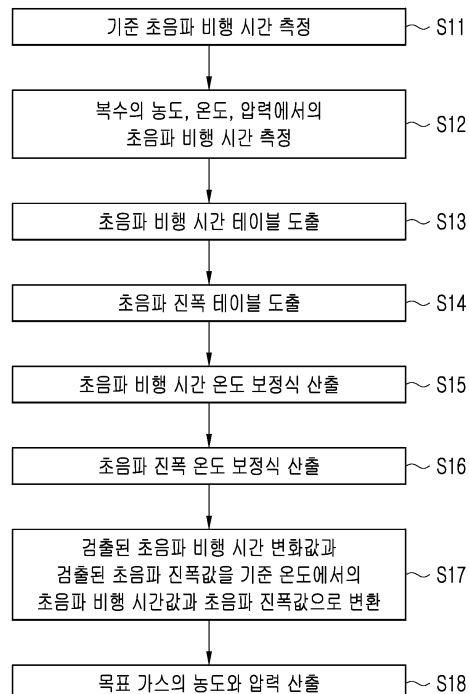
(54) 발명의 명칭 다원 기체의 농도 및 압력 산출 방법

(57) 요약

초음파의 송신 및 수신을 통해 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도 및 압력을 산출하는 농도 및 압력 산출 방법은, 상기 송신된 초음파 파형과 상기 수신된 초음파 파형을 이용하여 측정 공간 내에 채워진 다원 기체를 구성하는 개별 기체 중 목표 개별 기체에 대해 기준 농도, 기준 온도 및 기준 압력에서 기준 초음파 비행 시간을

(뒷면에 계속)

대표도 - 도10



측정하는 단계, 상기 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 초음파 비행 시간을 측정하는 단계, 상기 농도, 온도 및 압력을 변수로 하는 상기 기준 초음파 비행 시간과 상기 측정 초음파 비행 시간의 차이인 초음파 비행 시간 변화 값으로 이루어지는 초음파 비행 시간 테이블을 도출하는 단계, 상기 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 상기 수신된 초음파 파형의 미리 정해진 순서의 파형의 진폭으로 이루어지는 초음파 진폭 테이블을 도출하는 단계, 상기 복수의 온도에서의 상기 초음파 비행 시간 변화 값들이 상기 기준 온도에서의 상기 초음파 비행 시간 변화 값이 되도록 하는 초음파 비행 시간 온도 보정식을 산출하는 단계, 상기 복수의 온도에서의 상기 초음파 진폭 값들이 상기 기준 온도에서의 상기 초음파 진폭 값이 되도록 하는 초음파 진폭 온도 보정식을 산출하는 단계, 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 비행 시간 변화 값과 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 진폭 값을 상기 초음파 비행 시간 온도 보정식 및 상기 초음파 진폭 온도 보정식에 각각 대입하여 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값 및 초음파 진폭 값으로 변환하는 단계, 그리고 상기 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값들과 상기 기준 온도에서의 초음파 진폭 값들을 이용하여 비선형 연립 방정식에 의해 상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계를 포함한다.

(72) 발명자

조현진

제주특별자치도 제주시 한경면 용수길 77-3

오승권

경기도 남양주시 가운로2길 28, 107동 803호(가운동, 남양주가운마을휴먼시아1단지)

명세서

청구범위

청구항 1

초음파의 송신 및 수신을 통해 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도 및 압력을 산출하는 농도 및 압력 산출 방법으로서,

상기 송신된 초음파 파형과 상기 수신된 초음파 파형을 이용하여 측정 공간 내에 채워진 다원 기체를 구성하는 개별 기체 중 목표 개별 기체에 대해 기준 농도, 기준 온도 및 기준 압력에서 기준 초음파 비행 시간을 측정하는 단계,

상기 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 초음파 비행 시간을 측정하는 단계,

상기 농도, 온도 및 압력을 변수로 하는 상기 기준 초음파 비행 시간과 상기 측정 초음파 비행 시간의 차이인 초음파 비행 시간 변화 값으로 이루어지는 초음파 비행 시간 테이블을 도출하는 단계,

상기 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 상기 수신된 초음파 파형의 미리 정해진 순서의 파형의 진폭으로 이루어지는 초음파 진폭 테이블을 도출하는 단계, 그리고

상기 초음파 비행 시간 변화 값과 상기 초음파 진폭 값에 대해 온도 보정을 수행하고 이를 기초로 상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계를 포함하는 다원 기체의 농도 및 압력 산출 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계는,

상기 복수의 온도에서의 상기 초음파 비행 시간 변화 값들이 상기 기준 온도에서의 상기 초음파 비행 시간 변화 값이 되도록 하는 초음파 비행 시간 온도 보정식을 산출하는 단계,

상기 복수의 온도에서의 상기 초음파 진폭 값들이 상기 기준 온도에서의 상기 초음파 진폭 값이 되도록 하는 초음파 진폭 온도 보정식을 산출하는 단계,

임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 비행 시간 변화 값과 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 진폭 값을 상기 초음파 비행 시간 온도 보정식 및 상기 초음파 진폭 온도 보정식에 각각 대입하여 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값 및 초음파 진폭 값으로 변환하는 단계, 그리고

상기 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값들과 상기 기준 온도에서의 초음파 진폭 값들을 이용하여 비선형 연립 방정식에 의해 상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계를 포함하는 다원 기체의 농도 및 압력 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복수의 기체로 이루어지는 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도 및 압력을 산출하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초음파를 이용하여 성분을 알고 있는 복수의 기체로 이루어지는 다원 기체의 농도를 산출하는 방법이 알려져 있다. 다원 기체가 채워진 공간에서 초음파를 생성하고 반사되어 돌아오는 초음파를 수신하고 초음파 송신과 수신 사이의 시간인 비행 시간(TOF, time of flight)을 검출하여 다원 기체를 구성하는 개별 가스의 농도를 산출할 수 있다.

[0003] 그러나 종래의 방법은 복잡한 연산을 통하여 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도를 산출하며 또한 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 압력을 함께 산출하지 못하는 한계가 있었다. 나아가, 기체의 농도는 압력의 영향을 받는데 기존 방법에서는 개별 기체의 압력을 고려하지 않고 농도만을 산출하는 관계로 산출된 농도의 정확성이 떨어지는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 10-0943874 (등록일: 2010년 02월 17일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 압력이 농도에 미치는 영향을 반영할 수 있는 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도 및 압력을 산출할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 실시예에 따른 초음파의 송신 및 수신을 통해 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도 및 압력을 산출하는 농도 및 압력 산출 방법은, 상기 송신된 초음파 파형과 상기 수신된 초음파 파형을 이용하여 측정 공간 내에 채워진 다원 기체를 구성하는 개별 기체 중 목표 개별 기체에 대해 기준 농도, 기준 온도 및 기준 압력에서 기준 초음파 비행 시간을 측정하는 단계, 상기 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 초음파 비행 시간을 측정하는 단계, 상기 농도, 온도 및 압력을 변수로 하는 상기 기준 초음파 비행 시간과 상기 측정 초음파 비행 시간의 차이인 초음파 비행 시간 변화 값으로 이루어지는 초음파 비행 시간 테이블을 도출하는 단계, 상기 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 상기 수신된 초음파 파형의 미리 정해진 순서의 파형의 진폭으로 이루어지는 초음파 진폭 테이블을 도출하는 단계, 그리고 상기 초음파 비행 시간 변화 값과 상기 초음파 진폭 값에 대해 온도 보정을 수행하고 이를 기초로 상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계는 상기 복수의 온도에서의 상기 초음파 비행 시간 변화 값들이 상기 기준 온도에서의 상기 초음파 비행 시간 변화 값이 되도록 하는 초음파 비행 시간 온도 보정식을 산출하는 단계, 상기 복수의 온도에서의 상기 초음파 진폭 값들이 상기 기준 온도에서의 상기 초음파 진폭 값이 되도록 하는 초음파 진폭 온도 보정식을 산출하는 단계, 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 비행 시간 변화 값과 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 진폭 값을 상기 초음파 비행 시간 온도 보정식 및 상기 초음파 진폭 온도 보정식에 각각 대입하여 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값 및 초음파 진폭 값으로 변환하는 단계, 그리고 상기 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값들과 상기 기준 온도에서의 초음파 진폭 값들을 이용하여 비선형 연립 방정식에 의해 상기 목표 가스의 농도와 압력을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 의하면, 압력이 농도에 미치는 영향을 반영함으로써 다원 기체를 이루는 기체의 농도와 압력을 정확하게 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 농도 및 압력 산출 방법을 수행할 수 있는 실험 장비의 한 예를 보여주는 도면이다.

도 2는 도 1의 실험 장비에서 오실로스코프에 의해 출력되는 수신 초음파의 파형을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 3은 수신된 초음파의 파형에서 미리 정해진 순서의 파형의 진폭으로 초음파 진폭 테이블을 도출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 초음파 비행 시간 값과 초음파 진폭 값에 대해 온도 보정을 수행하기 위한 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 초음파 비행 시간 변화 값의 온도 보정식을 산출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 초음파 진폭 값의 온도 보정식을 산출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 기준 온도에서의 컨투어 된 초음파 비행 시간 변화 값 곡면을 예시적으로 보여준다.

도 8은 기준 온도에서의 컨투어 된 초음파 진폭 값 곡면을 예시적으로 보여준다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 초음파 비행 시간 변화 값의 온도 보정식 및 초음파 진폭 값의 온도 보정식에 의한 초음파 비행 시간 변화 값 및 초음파 진폭 값에 따른 농도 및 압력 값을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 다원 기체의 농도 및 압력 산출 방법의 개략적인 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.
- [0011] 본 발명의 실시예에 따른 가스의 농도 및 압력 산출 방법은 초음파의 송신 및 수신을 이용하여 다원 기체를 구성하는 개별 기체의 농도 및 압력을 산출한다.
- [0012] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 가스 농도 및 압력 산출 방법은 다원 기체가 충전되는 가스 챔버(gas chamber)에 복수의 가스를 공급할 수 있는 장치를 포함하는 실험 장비를 이용하여 수행될 수 있다. 예를 들어, 다원 기체는 산소와 질소를 포함하는 이원 가스(binary gas)일 수 있으며, 이하에서 다원 기체가 산소와 질소를 포함하는 이원 가스인 예에 대해 설명한다.
- [0013] 예를 들어, 도 1을 참조하면, 실험 장비는 공급될 산소와 질소를 각각 저장하는 산소 탱크(11)와 질소 탱크(12)를 포함할 수 있다. 배출되는 산소와 질소의 압력을 각각 조절하는 가스 압력 조절기(16, 17)가 산소 탱크(11)와 질소 탱크(12)의 출력 단에 각각 구비될 수 있다. 그리고 가스 압력 조절기(16, 17)를 통과한 산소와 질소의 압력을 각각 검출하는 압력 게이지(21, 22)가 구비될 수 있다. 그리고 산소와 질소의 유량을 조절하기 위한 유량 조절 밸브(23, 24)가 구비될 수 있고, 유량 조절 밸브(23, 24)를 통과한 산소와 질소의 유량을 각각 검출하기 위한 유량계(25, 26)가 구비될 수 있다. 유량계(25, 26)를 지난 산소와 질소는 체크 밸브(27, 28)를 각각 통과한 후 혼합 가스 탱크(29)로 유입된다. 혼합 가스 탱크(29)에서 배출되는 혼합 가스는 유량 조절 밸브(30)와 유량계(31)를 거쳐 가스 챔버(10)로 공급된다.
- [0014] 이때, 가스 챔버(10)로 공급되는 다원 기체의 특정 가스(예를 들어, 산소)의 농도를 측정하기 위한 가스 농도 측정기(32)가 구비될 수 있다. 또한 가스 챔버(10)로 공급되는 가스와의 열교환을 통해 가스가 원하는 온도가 되도록 하는 열 교환기(33)가 구비될 수 있다.
- [0015] 초음파 센서 유닛(40)이 가스 챔버(10) 내에 배치될 수 있다. 초음파 센서 유닛(40)은 초음파를 생성하여 출력하는 초음파 송신기(ultrasound emitter), 그리고 반사되어 돌아오는 초음파를 수신하는 초음파 수신기(ultrasound receiver)를 포함할 수 있다. 또한 초음파 센서 유닛(40)은 가스 챔버(10) 내의 가스의 온도를 검출하기 위한 온도 센서를 포함할 수 있다. 그리고 가스 챔버(10) 내의 가스 압력을 검출하는 압력 게이지(34)가 구비될 수 있다. 나아가, 가스 챔버(10) 내의 가스를 배출시켜 음압을 형성하기 위한 펌프(19)가 구비될 수 있다.
- [0016] 나아가, 전원 공급 장치(13), 연산을 수행하는 컴퓨터(18), 오실로스코프(osilloscope)(20) 등이 구비될 수 있다.
- [0017] 초음파 센서 유닛(40)의 초음파 송신기는 외부에서 펄스 전원을 인가받아 초음파 진동에 의해 초음파를 생성하는 초음파 트랜스듀서를 포함할 수 있으며, 초음파 수신기는 초음파 송신기에서 출력되어 가스 챔버의 내벽 또는 가스 챔버 내에 별도로 구비되는 반사판에 의해 반사되어 돌아오는 초음파를 수신하여 대응하는 전기 신호를 출력하는 센서일 수 있다. 이때, 초음파 수신기의 출력 전기 신호가 오실로스코프(20)로 인가되도록 구성될 수 있으며, 오실로스코프(20)는 초음파 수신기에 의해 수신된 초음파의 물리적 신호에 대응하는 전기적 신호에 대응하는 파형을 출력한다. 도 2에는 오실로스코프(20)에 의해 수신되는 초음파 파형의 한 예가 도시되어 있다.
- [0018] 먼저, 도 10의 순서도를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 다원 기체의 농도 및 압력 산출 방법을 개략적으로

설명하면 다음과 같다.

- [0019] 먼저, 측정 공간 내에 채워진 다원 기체를 구성하는 개별 기체 중 목표 개별 기체에 대해 기준 농도, 기준 온도 및 기준 압력에서 기준 초음파 비행 시간이 측정된다(S11). 그리고 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 초음파 비행 시간이 측정된다(S12). 그리고 나서, S11 단계에서 산출된 기준 초음파 비행 시간과 S12 단계에서 측정된 초음파 비행 시간의 차이인 초음파 비행 시간 변화 값으로 이루어지는 초음파 비행 시간 테이블이 도출된다(S13). 그리고 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 수신된 초음파 파형의 미리 정해진 순서의 파형의 진폭으로 이루어지는 초음파 진폭 테이블이 도출된다(S14).
- [0020] 그리고 나서, 초음파 비행 시간 변화 값과 초음파 진폭 값에 대해 각각 온도 보정을 수행하고 이를 기초로 상기 목표 가스의 농도와 압력이 산출된다. 구체적으로, 복수의 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값들이 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값이 되도록 하는 초음파 비행 시간 온도 보정식이 산출된다(S15). 또한 복수의 온도에서의 초음파 진폭 값들이 기준 온도에서의 초음파 진폭 값이 되도록 하는 초음파 진폭 온도 보정식이 산출된다(S16). 그리고 나서, 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 비행 시간 변화 값과 임의의 측정 온도에서 검출된 초음파 진폭 값을 초음파 비행 시간 온도 보정식 및 초음파 진폭 온도 보정식에 각각 대입하여 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값 및 초음파 진폭 값으로 변환된다(S17). 그리고 나서, 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값들과 기준 온도에서의 초음파 진폭 값들을 이용하여 비선형 연립 방정식에 의해 목표 가스의 농도와 압력이 산출된다(S18).
- [0021] 이하에서 본 발명의 실시예에 따른 다원 기체의 농도 및 압력 산출 방법에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0022] 먼저, 다원 기체를 구성하는 개별 기체 중 목표 개별 기체에 대해 기준 농도, 기준 온도 및 기준 압력의 기준 초음파 비행 시간을 측정한다. 즉, 기준 초음파 비행 시간은 기준 조건에서 초음파 송신기에서 송출된 초음파가 초음파 수신기에 도달하는데 걸린 시간을 의미한다. 예를 들어, 오실로스코프의 송신 초음파 파형 및 수신 초음파 파형을 이용하여 초음파의 송신 시점과 수신 시점 사이의 시간인 기준 초음파 비행 시간을 측정할 수 있다. 이때, 예를 들어, 기준 농도는 20%일 수 있고, 기준 온도는 293K일 수 있으며, 기준 압력은 1기압일 수 있다.
- [0023] 다음, 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 초음파 비행 시간을 측정한다. 이때, 측정된 초음파 비행 시간은 복수의 농도, 복수의 온도 및 복수의 압력 조건 하에서 여러 회 반복하여 측정되어 얻어진다. 예를 들어, 다섯 개의 농도, 다섯 개의 온도 및 다섯 개의 압력 조건 하에서 측정이 이루어지는 경우, 총 75회의 측정에 의해 75개의 측정 초음파 비행 시간이 얻어진다.
- [0024] 그리고 나서, 기준 초음파 비행 시간과 측정 초음파 비행 시간의 차이인 초음파 비행 시간 변화 값(ΔT_{of})으로 이루어지는 초음파 비행 시간 테이블을 도출한다. 즉, 초음파 비행 시간 테이블이 얻어지며, 초음파 비행 시간 테이블은 복수의 농도, 온도 및 압력 조건에서 측정된 초음파 비행 시간과 기준 초음파 비행 시간의 차이 값들을 포함한다.
- [0025] 초음파 비행 시간 테이블의 도출 방식과 유사한 방식에 의해 초음파 진폭 테이블을 도출한다. 즉, 목표 개별 기체의 농도, 온도 및 압력을 변수로 하여 복수의 농도, 온도 및 압력에서 수신된 초음파의 파형의 미리 정해진 순서의 파형의 초음파 진폭(A_{mp})으로 이루어지는 초음파 진폭 테이블을 도출한다. 이때, 도 3에 예시적으로 도시된 바와 같이, 수신된 초음파의 n번째 파형의 진폭으로 초음파 진폭 테이블이 만들어질 수 있다. 다시 말해, 초음파 진폭 테이블은 복수의 농도, 온도 및 압력 조건 하에서 수신된 초음파의 특정 번째 파형의 진폭 데이터를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 실시예에서는, 위에서 설명된 두 가지 파라미터인 초음파 비행 시간 변화 값(ΔT_{of})과 초음파 진폭(A_{mp})으로부터 목표 기체의 농도와 압력을 결정하기 위해, 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값(ΔT_{of})과 초음파 진폭(A_{mp})의 곡면 함수가 이용된다. 다시 말해, 초음파 비행 시간 변화 값(ΔT_{of})과 초음파 진폭(A_{mp})은 온도, 농도, 압력의 함수로 표현될 수 있는데, 이들 값이 온도의 영향을 크게 받기 때문에 먼저 온도 보정을 수행하여 온도를 변수에서 제거함으로써 농도와 압력을 산출할 수 있다. 온도 보정을 한 후 초음파 비행 시간 변화 값(ΔT_{of})과 초음파 진폭(A_{mp})은 농도와 압력의 함수가 된다.
- [0027] 도 4 및 도 5를 참조하여 초음파 비행 시간 변화 값에 대한 온도 보정에 대해 설명한다. 도 4는 초음파 비행 시간 변화 값 테이블의 데이터 구조를 설명하기 위한 것으로, 도 4에 도시된 바와 같이 초음파 비행 시간 변화 값

테이블은 측정된 농도(Concentration), 압력(Pressure) 및 온도(Temperature)에서의 초음파 비행 시간 변화 값들을 포함한다. 측정 온도가 5개인 경우 도 4의 (a)의 5개의 평면에 해당하는 농도, 압력 및 온도 조합에서의 각각의 초음파 비행 시간 변화 값들이 포함된다. 온도에 의한 영향을 없애기 위해 기준 온도(예를 들어, 293K)에서의 농도 및 압력의 함수가 되도록 평면 함수를 도출한다. 이때, 도 4의 (b)에 나타난 바와 같이 측정된 모든 농도와 압력을 이용하는 것이 아니라 대표 값 5개를 선정하여 온도 보정을 수행할 수 있다. 이러한 온도 보정은 매트랩과 같은 수치 해석 프로그램을 이용하여 수행될 수 있다.

[0028] 도 5를 참조하면, 특정 압력과 특정 농도 하에서의 초음파 비행 시간 변화 값들은 온도에 따라 변하게 되며, 이때 온도에 무관하게 임의의 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값이 기준 온도(예를 들어 293K)에서의 초음파 비행 시간 변화 값이 되도록 하는 초음파 비행 시간 변화 온도 보정식이 산출된다.

[0029] 마찬가지로, 도 6을 참조하면, 특정 압력과 특정 농도 하에서 초음파 진폭 값들은 온도에 따라 변하게 되며, 이때 온도에 무관하게 임의의 온도에서의 초음파 진폭 값이 기준 온도(예를 들어 293K)에서의 초음파 진폭 값이 되도록 하는 초음파 진폭 온도 보정식이 산출된다.

[0030] 그리고 나서, 목표 가스가 주입된 상태에서 초음파 비행 시간 변화 값과 초음파 진폭 값을 검출하고, 이때의 온도 역시 검출한다. 그리고 검출된 온도와 초음파 비행 시간 변화 값을 초음파 비행 시간 변화 온도 보정식에 대입함으로써 해당 목표 가스의 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값을 산출할 수 있고, 검출된 온도와 초음파 진폭 값을 초음파 진폭 온도 보정식에 대입함으로써 해당 목표 가스의 기준 온도에서의 초음파 진폭 값을 산출할 수 있다.

[0031] 그리고 나서, 기준 온도에서의 초음파 비행 시간 변화 값의 곡면 및 초음파 진폭 값의 곡면을 농도와 압력을 평면으로 컨투어(contour)시키고, 컨투어 된 농도와 압력 평면과 산출된 초음파 비행 시간 변화 값과 산출된 초음파 진폭 값을 이용하여 해당 목표 가스의 농도와 압력을 산출할 수 있다. 결정된 초음파 비행 시간 변화 값의 곡면 및 초음파 진폭 값의 곡면에서 상응하는 초음파 비행 시간 변화 값과 초음파 진폭 값으로 농도와 압력의 좌표 값을 읽어 들이면 된다. 이때, 초음파 비행 시간 변화 값과 초음파 진폭 값을 이용하여 비선형 연립방정식의 해법으로 쓰이는 뉴턴의 방법을 이용하여 수치해석적으로 농도와 압력을 구할 수 있다. 도 7은 기준 온도에서의 컨투어 된 초음파 비행 시간 변화 값 곡면을 예시적으로 보여주고, 도 8은 기준 온도에서의 컨투어 된 초음파 진폭 값 곡면을 예시적으로 보여준다. 그리고 도 9는 초음파 비행 시간 변화 값의 온도 보정식 및 초음파 진폭 값의 온도 보정식에 의한 초음파 비행 시간 변화 값 및 초음파 진폭 값에 따른 농도 및 압력 값을 예시적으로 보여준다. 도 9에는 초음파 진폭 값이 0.09, 0.11, 0.13, 0.14, 0.16, 0.18, 0.20, 0.22, 0.23 그리고 0.24인 경우가 등고선으로 나타나 있고, 초음파 비행 시간 변화 값이 -2.37, -1.79, -1.20, -0.62, -0.03, 0.56, 1.14, 1.73, 그리고 2.31인 경우가 등고선으로 나타나 있다. 예를 들어, 도 9에서 굵은 실선 및 굵은 점선으로 표시된 바와 같이 초음파 진폭 값이 0.14이고 초음파 비행 시간 변화 값이 0.56인 경우, 농도와 압력은 두 선이 교차하는 점의 가로축 및 세로축 좌표(대략 0.875 및 1.00bar)가 된다.

[0032] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0033] 11: 산소 탱크

13: 질소 탱크

16, 17: 가스 압력 조절기

21, 22: 압력 게이지

23, 24: 유량 조절 밸브

25, 26: 유량계

27, 28: 체크 밸브

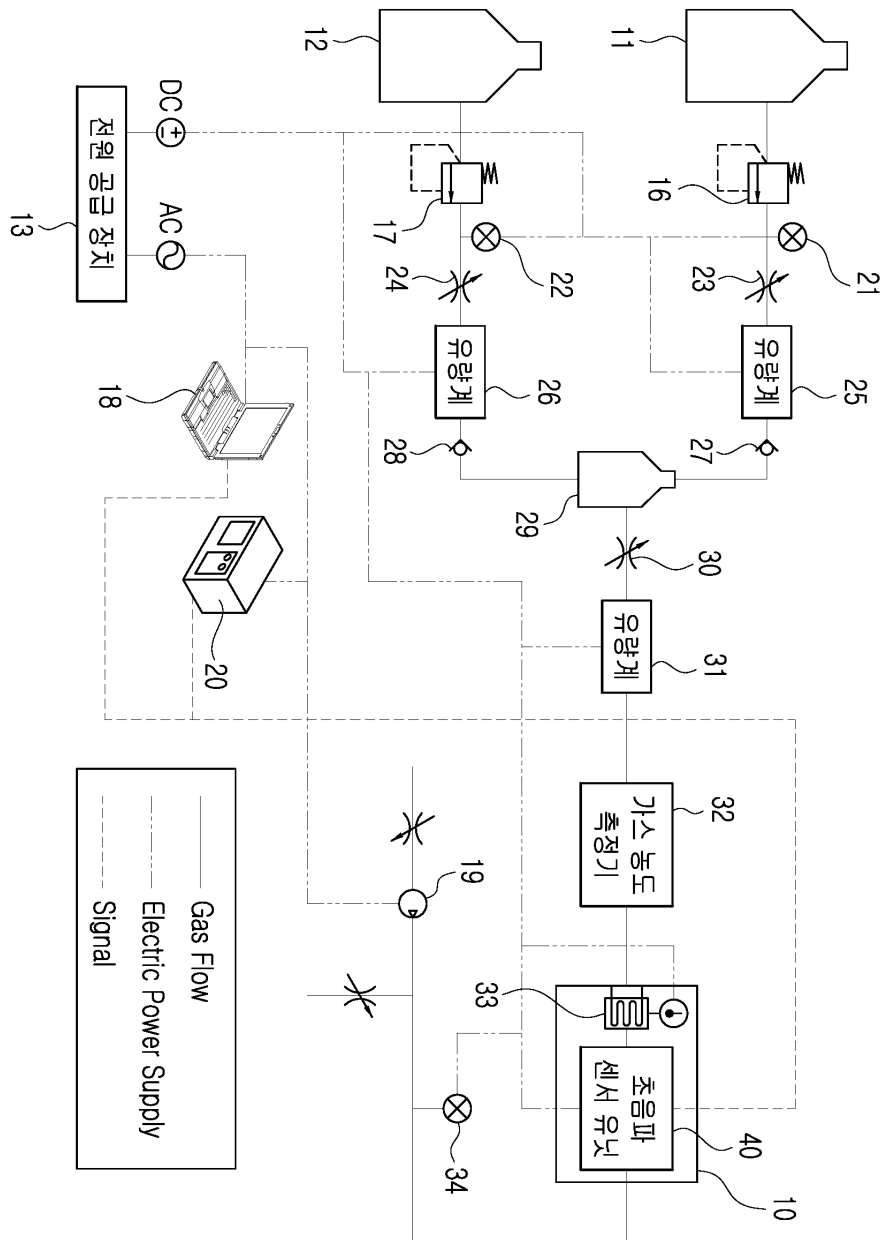
29: 혼합 가스 탱크

10: 가스 챔버

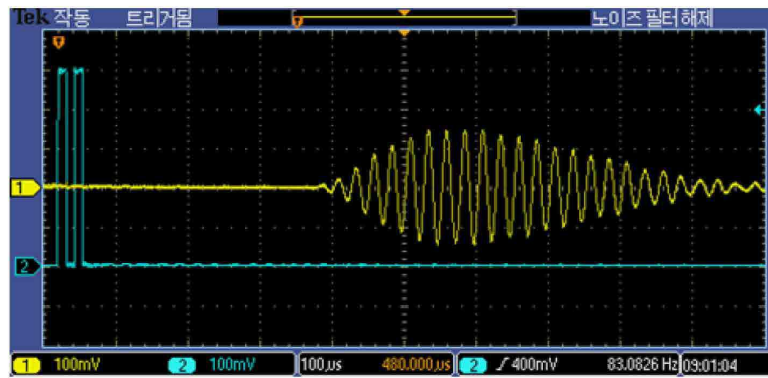
- 32: 가스 농도 측정기
40: 초음파 센서 유닛
18: 컴퓨터
20: 오실로스코프

도면

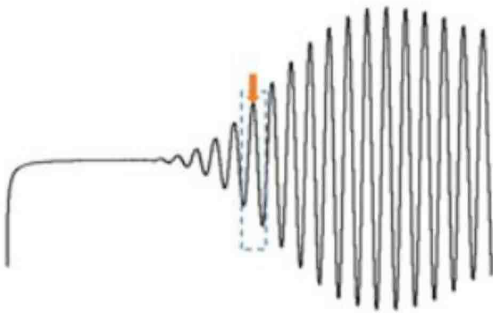
도면1



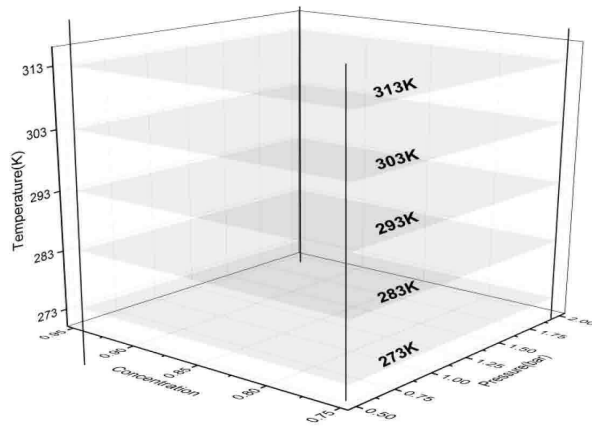
도면2



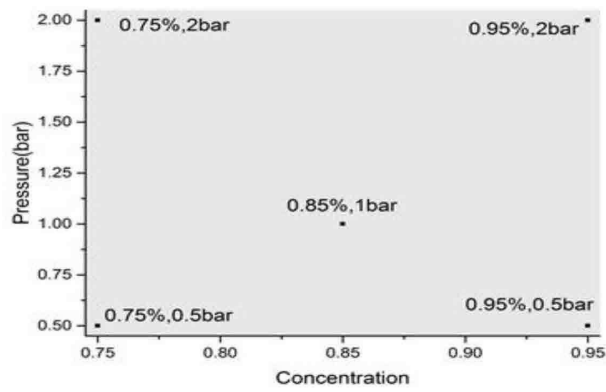
도면3



도면4

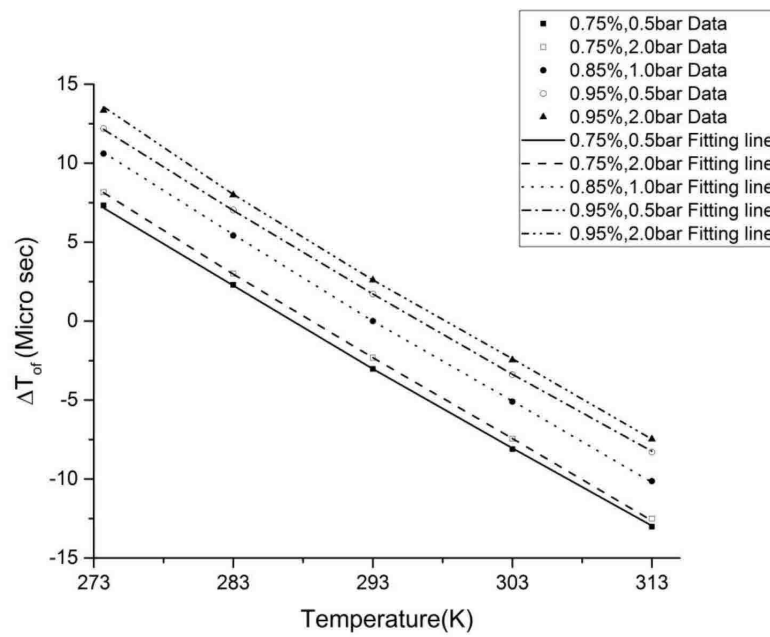


(a)

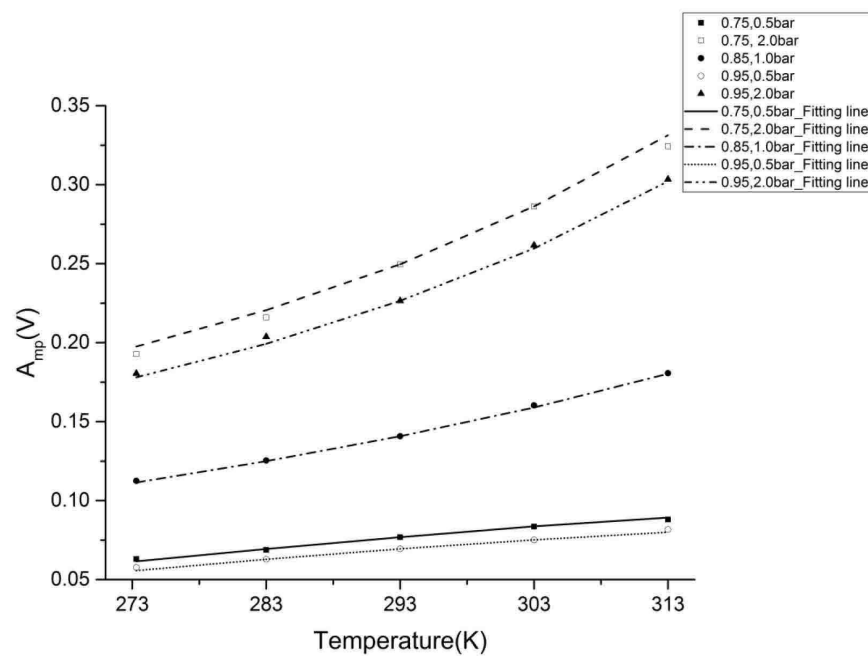


(b)

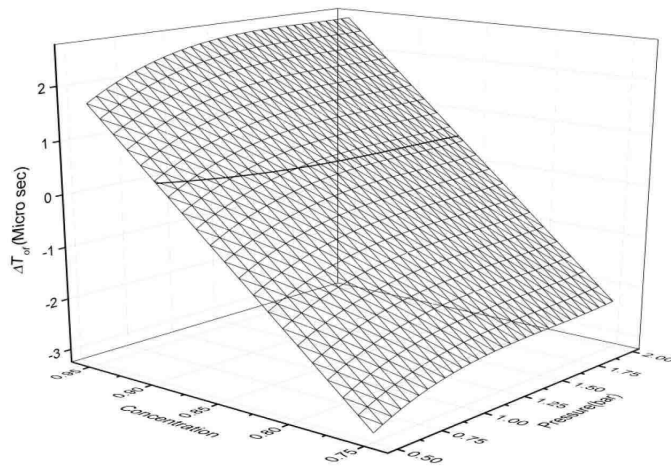
도면5



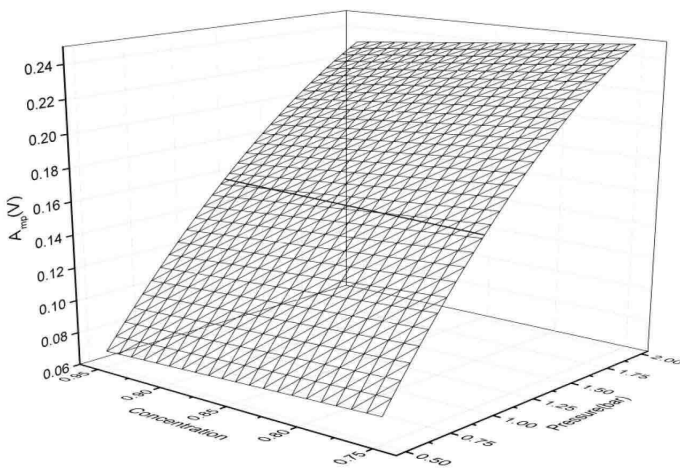
도면6



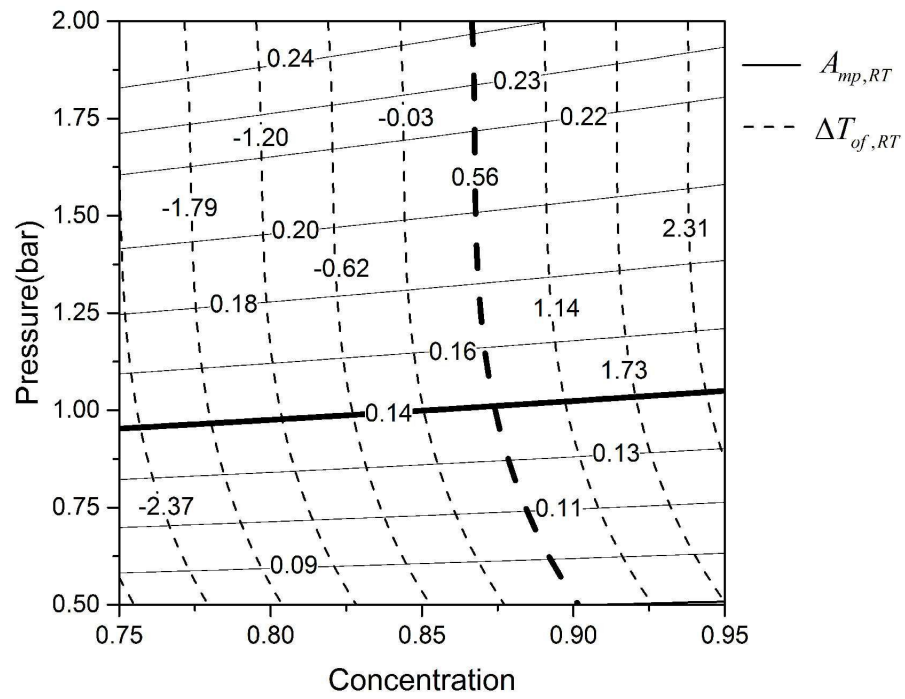
도면7



도면8



도면9



도면10

