(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0052281
(43) 공개일자 2019년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 25/00 (2006.01) *G01F 1/56* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01F 25/0007 (2013.01)
G01F 1/56 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0147828
(22) 출원일자 2017년11월08일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
채영철
서울특별시 마포구 백범로 152, 201동 1301호(공덕동, 공덕파크자이)
장기석
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

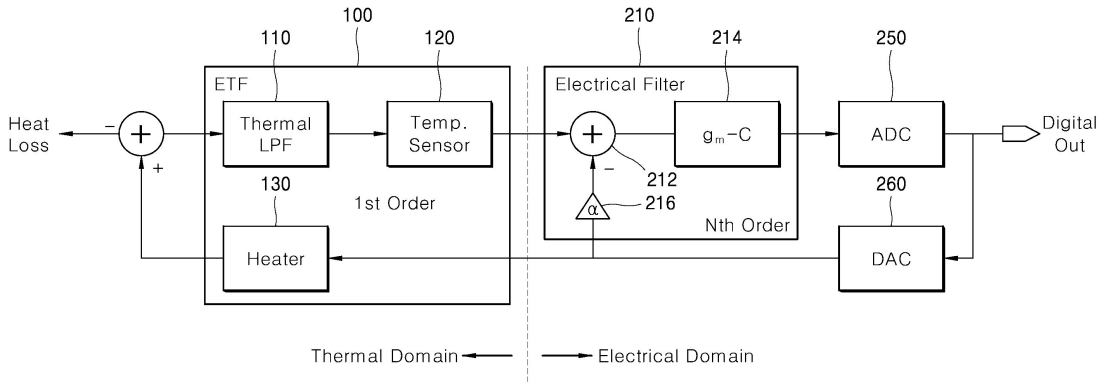
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **고감도 유량 측정 센서**

(57) 요 약

본 발명은 고감도 유량 측정 센서에 관한 것이다. 상기 유량 측정 센서는, 실리콘층 상에 형성된 액티브층 내에 서로 이격되도록 배치되어 열을 발생시키는 제1 및 제2 히터, 상기 액티브층 내에서 상기 제1 및 제2 히터 사이에 배치되고, 양단의 온도 차이를 감지하여 전압 신호로 변환하는 온도 센서, 및 상기 액티브층 내에 형성되고, 상기 온도 센서로부터 수신한 상기 전압 신호의 피드백 신호를 상기 제1 및 제2 히터에 전달하는 제어 회로를 포함하되, 상기 제어 회로는, 상기 온도 센서로부터 상기 전압 신호를 입력받고, 필터링을 통해, 출력되는 신호의 차수를 증가시키는 전자 필터(Electrical Filter)를 포함한다.

대 표 도



(72) 발명자

이상우

경기도 성남시 분당구 정자일로213번길 5, 301동 403호(정자동, 아이파크분당3)

유성필

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

안종현

서울 강남구 압구정로 29길 57

이용준

서울시 서대문구 신촌동 연세대학교 225d

명 세 서

청구범위

청구항 1

실리콘층 상에 형성된 액티브층 내에 서로 이격되도록 배치되어 열을 발생시키는 제1 및 제2 히터;

상기 액티브층 내에서 상기 제1 및 제2 히터 사이에 배치되고, 양단의 온도 차이를 감지하여 전압 신호로 변환하는 온도 센서; 및

상기 액티브층 내에 형성되고, 상기 온도 센서로부터 수신한 상기 전압 신호의 피드백 신호를 상기 제1 및 제2 히터에 전달하는 제어 회로를 포함하되,

상기 제어 회로는, 상기 온도 센서로부터 상기 전압 신호를 입력받고, 필터링을 통해, 출력되는 신호의 차수를 증가시키는 전자 필터(Electrical Filter)를 포함하는

유량 측정 센서.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 온도 센서로부터 수신한 상기 전압 신호를 비트스트림으로 변환시키는 ADC와,

상기 비트스트림을 상기 제1 및 제2 히터를 동작시키기 위한 동작 신호로 변환하는 DAC를 더 포함하는

유량 측정 센서.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 전자 필터는,

상기 온도 센서와 상기 ADC 사이에 배치되고,

상기 DAC의 출력 신호에 특정 게인이 인가된 신호를 피드백 신호로서 수신하는

유량 측정 센서.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 전자 필터는, 상호컨덕턴스(Gm)와 커패시턴스(C)값을 이용하는 Gm-C 필터를 포함하는

유량 측정 센서.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 온도 센서와 상기 제1 및 제2 히터는, 상호 인접하여 1차(1st order) 저역 통과 필터(LPF)로서 동작하는

ETF(Electrothermal Filter)를 구성하는

유량 측정 센서.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 전자 필터는, 수신된 상기 전압 신호의 고주파 성분을 제거하는 저역 통과 필터(LPF)로서 동작하는

유량 측정 센서.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 제어 회로가 형성된 상기 실리콘층의 두께는, 12 마이크로 미터 이하로 형성되는

유량 측정 센서.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 온도 센서의 너비는, 상기 제어 회로의 너비보다 크게 형성되는

유량 측정 센서.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 액티브층은, 글래스 기판 또는 유연 기판의 소재로 형성되는

유량 측정 센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고감도 유량 측정 센서에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 유량계는 풍량계와 같은 환경 관측 센서뿐만 아니라 송유관, 가스관과 같은 산업 장비 등에 다양하게 사용되고 있다. 뿐만 아니라, 유량계는 최근 헬스케어 디바이스(Health-care Device)가 시장에서 주목 받음에 따라 생체 인식 센서로도 이용되고 있다. 종래의 유량계는 기계적인 움직임을 통해 유량을 측정하거나, 실리콘 센서를 통하여 유량을 측정하였다.

[0004] 도 1은 종래의 유량계 전체가 실리콘으로 구성된 유량 측정 센서에 대한 도면이다. 도 2는 종래의 유량 측정 센서에 포함된 실리콘 칩의 측면도를 나타낸다.

[0005] 도 1 및 도 2를 참조하면, 바람, 물, 기름 등과 같은 모든 유체는 흐르면서 맞닿는 물체에 열 손실을 일으킨다. 열 분포의 균형이 맞추어져 있는 칩이 어떠한 유체를 만나게 되면, 칩 내부의 열 분포가 유체의 흐름에 따라 한

쪽으로 치우쳐지게 되며, 그 정도는 유량의 속도에 비례하게 된다. 따라서, 유체의 흐름에 따라 칩의 양 단에는 온도 차이가 발생하게 된다. 유량 측정 센서는 이러한 온도 차이를 측정함으로써 유량을 산출한다.

[0006] 구체적으로, 유량 측정 센서로 이용되는 실리콘 칩은 온도 센서(10)(Thermopile)와 히터(22, 24)(Heater)를 포함한다. 이때, 온도 센서(10)의 양단에는 각각의 히터(22, 24)가 배치된다

[0007] 여기에서, 실리콘 칩 상에서 유체의 흐름이 발생하게 되면, 히터(22, 24)에 의해 균일하게 데워진 실리콘 칩은 유체의 흐름에 따라 양 단에 온도 차이(δT)가 발생하게 된다. 실리콘 칩의 중앙에 위치한 온도 센서(10)는 이러한 온도 차이(δT)를 감지하여 전압 신호로 변환시키며, 전압 신호는 ADC(Analog Digital Converter)를 통해 정량화된 유량의 정보로 치환될 수 있다. 즉, 온도 센서(10)는 히터(22, 24)에서 가열된 열이 유체의 유속에 의해 뺏기는 양을 측정하고, 이를 전압으로 변환하여 유체의 속도를 나타낼 수 있다.

[0008] 이때, 온도 센서(10)의 양단에 위치한 히터(22, 24)는 주기적으로 동작할 수 있다. 이를 통해, 온도 센서(10) 양단의 온도 균형은 수시로 맞추게 되며, 유량에 따른 온도 차이(δT)를 온도 센서(10)가 감지하도록 하여 유량을 측정할 수 있다.

[0009] 종래의 유량 측정 센서는 도 2에서 나타난 바와 같이 실리콘 칩(Chip)의 표면에서 유체의 흐름으로 인해 칩의 열 손실을 유발하여 신호를 검출하게 된다. 즉, 유량 측정 센서는 온도 센서(10)와 히터(22, 24)가 구동 IC와 함께 결합된 형태로 제작이 가능하며, AFE(Analog Front End)가 포함되어 모든 센서가 단일 칩으로 구현이 가능하다.

[0010] 다만, 실리콘 집적 회로 자체의 물질적인 특성에 의해 센서의 감도(Sensivility)가 다소 제한되므로 비열이 큰 액체를 측정하는데 적합하지 않다는 문제점이 있었다.

[0011] 또한, 종래의 유량 측정 센서의 경우, 실리콘 칩의 ETF(Electrothermal Filter; 이하 ETF)는 1/2차(1/2 order) LPF(Low Pass Filter) 특성을 가지므로, 유량 측정 센서에서 발생되는 양자화 잡음(Quantization Noise)도 1/2차 형태로 감소하였다. 즉, 종래의 유량 측정 센서는 이러한 ETF의 차수(order)가 제한되어 있어, 유량 측정 센서의 감도를 향상시키는 데 제약이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 열 교환율의 극대화와, 양자화 잡음의 최소화를 통해, 유량 측정 감도를 향상된 유량 측정 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서에 대한 일 면(aspect)은, 실리콘층 상에 형성된 액티브층 내에 서로 이격되도록 배치되어 열을 발생시키는 제1 및 제2 히터, 상기 액티브층 내에서 상기 제1 및 제2 히터 사이에 배치되고, 양단의 온도 차이를 감지하여 전압 신호로 변환하는 온도 센서, 및 상기 액티브층 내에 형성되고, 상기 온도 센서로부터 수신한 상기 전압 신호의 피드백 신호를 상기 제1 및 제2 히터에 전달하는 제어 회로를 포함하되, 상기 제어 회로는, 상기 온도 센서로부터 상기 전압 신호를 입력받고, 필터링을 통해, 출력되는 신호의 차수를 증가시키는 전자 필터(Electrical Filter)를 포함한다.

[0017] 또한, 상기 제어 회로는, 상기 온도 센서로부터 수신한 상기 전압 신호를 비트스트림으로 변환시키는 ADC와, 상기 비트스트림을 상기 제1 및 제2 히터를 동작시키기 위한 동작 신호로 변환하는 DAC를 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 전자 필터는, 상기 온도 센서와 상기 ADC 사이에 배치되고, 상기 DAC의 출력 신호에 특정 게인이 인가된 신호를 피드백 신호로서 수신할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 전자 필터는, 상호컨덕턴스(Gm)와 커패시턴스(C)값을 이용하는 Gm-C 필터를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 온도 센서와 상기 제1 및 제2 히터는, 상호 인접하여 1차(1st order) 저역 통과 필터(LPF)로서 동작하는 ETF(Electrothermal Filter)를 구성할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 전자 필터는, 수신된 상기 전압 신호의 고주파 성분을 제거하는 저역 통과 필터(LPF)로서 동작할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 제어 회로가 형성된 상기 실리콘층의 두께는, 12 마이크로 미터 이하로 형성될 수 있다.

[0023] 또한, 상기 온도 센서의 너비는, 상기 제어 회로의 너비보다 크게 형성될 수 있다.

[0024] 또한, 상기 액티브층은, 글래스 기판 또는 유연 기판의 소재로 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 유량 측정 센서는, 실리콘 칩의 두께를 최소화하고, 유체와의 접촉 면적을 확장함으로써, 신호의 크기를 증폭시키고 ETF의 차수를 증가시켜 유량 측정 감도를 향상시킬 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 유량 측정 센서는, 높은 차수(Nth order)의 전자 필터를 포함함으로써, 양자화 잡음의 최소화하고, 신호대 잡음비(SNR)를 개선함에 따라 유량 측정 감도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 종래의 유량계 전체가 실리콘으로 구성된 유량 측정 센서에 대한 도면이다.

도 2는 종래의 유량 측정 센서에 포함된 실리콘 칩의 측면도를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 블록도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 평면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서의 동작을 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 블록도이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서의 동작을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일 또는 유사한 구성요소를 가리키는 것으로 사용된다.

[0031] 이하에서는, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 유량 측정 센서에 대해 도 3 내지 도 8을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0033] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 블록도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 평면도이다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 단면도이다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서의 동작을 설명하기 위한 그래프이다.

[0034] 우선, 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서는 DSM(Delta-Sigma Modulator; 이하 DSM)를 기반으로 열 전달 과정에서 생기는 로우 패스 필터(LPF)의 특성을 활용하며, AFE(Analog Front-End)가 내장된(Embedded) 구조를 포함한다.

[0035] 유량 측정 센서는 열적 도메인(Thermal Domain)과 전기적 도메인(electrical Domain)으로 분할되는 2-칩 구조(two chip)를 갖는다. 이러한 유량 측정 센서는 CMOS 소자로만 구성된 집적 회로(Fully CMOS integrated)로써 구현될 수 있다. 이를 통해, 유량 측정 센서가 포함된 칩 사이즈는 감소될 수 있으며, 유량 측정 시스템은 더욱 집적화(integrated)될 수 있다.

[0036] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서는 열적 도메인(Thermal Domain) 상에 구비된 ETF(100)와, 전기적 도메인(electrical Domain) 상에 구비된 ADC(250)와 DAC(260)를 포함한다.

[0037] ETF(100)는 열적 LPF(Thermal Low Pass Filter)(110)와, 온도 센서(Temperature Sensor)(120), 하나 이상의 히터(Heater)(130)를 포함한다.

[0038] 열적 LPF(110)는 온도 센서(120)와 히터(130) 사이에 발생하는 열전달 과정에서 생기는 전달 함수(Transfer Function)을 나타낸다.

[0039] 온도 센서(120)는 양단의 온도를 측정한다. 온도 센서(120)는 양단의 온도 차이를 측정하고, 측정된 온도 차이를 전압 신호로 변환한다. 즉, 온도 센서(120)는 표면에 접하여 흐르는 유체의 온도 차이를 감지하여, 이를 전압 신호로 변환시킨다. 이러한 온도 센서(120)는 씨백 효과(Seeback effect)를 기초로 동작하는 써모파일(Thermopile) 온도 센서를 포함할 수 있다. 씨백 효과(Seeback effect)는 도전체 양단의 측정치를 전압으로 변경시키는데 이용된다.

[0040] 히터(130)는 열을 발생시켜 인접한 유체 또는 물체에 발생된 열을 전달한다. 히터(130)는 온도 센서(120)의 일측에 배치되는 제1 히터(132)와, 온도 센서(120)의 타측에 배치되는 제2 히터(134)를 포함한다. 제1 히터(132)와 제2 히터(134)는 서로 이격되어 배치될 수 있다. 이때, 제1 및 제2 히터(133, 134)는 동일한 열을 발생시켜 인접한 유체에 열을 전달한다. 이러한 제1 및 제2 히터(133, 134)로는 확산 저항(diffusion resistor) 또는 MOSFET이 이용될 수 있다.

[0041] ADC(250)는 온도 센서(120)로부터 수신한 전압 신호를 전기적 신호로 변환한다. ADC(250)는 온도 센서(120)로부터 수신한 전압 신호를 '1'과 '0'으로 이루어진 비트 스트림(bit stream)으로 변환하여 출력한다. 즉, ADC(250)는 아날로그의 전압 신호를 디지털 신호로 변환하여 출력한다. 출력된 디지털 신호는 외부 디지털 장치에 전달되며, 현재 측정된 유량에 대한 데이터를 포함할 수 있다.

[0042] DAC(260)는 ADC(250)에서 출력된 디지털 신호(즉, 비트 스트림)를 아날로그 신호로 변환하여 히터(130)에 전달한다. DAC(260)에서 히터(130)에 전달한 신호는 히터(130)를 동작시키기 위한 동작 신호로 이용될 수 있다. 이때, DAC(260)는 히터(130)의 구동 IC(Driver IC)로써 동작할 수 있으며, 히터(130)에 피드백 신호로써 동작 신호를 인가할 수 있다. 이러한 피드백 신호를 통해, 유량 측정 센서는 열적 DSM 회로로써 동작할 수 있다.

[0043] 더 구체적으로, 유량 측정 센서는 폐쇄형 루프 제어(Close-Loop control)를 포함한다. 폐쇄형 루프 인터페이스는 시스템의 선형성을 증가시키며, 인터페이스의 제한 조건을 완화할 수 있다. 또한, 유량 측정 센서는 폐쇄형 루프 제어(Close-Loop control)와, 하나의 칩에 구비된 2개의 히터(130) 및 온도 센서(120)를 포함하는 ETF(100)를 이용하여, 열적 평형 상태(Thermal Balancing)를 위한 보상 값을 결정하고, 이를 통해 온도 차이를 측정할 수 있다.

[0045] 도 4 를 참조하면, 유량 측정 센서는 액티브층(Active layer)과, 하부 실리콘층(Bottom Si)으로 구성된다. 이때, 앞에서 설명한 열적 도메인(Thermal Domain)과 전기적 도메인(electrical Domain)은 액티브층 내에 형성된다. 즉, 본 발명의 유량 측정 센서는 열적 도메인과 전기적 도메인을 포함하는 투-칩 구조(Two-Chip Structure)를 포함한다.

[0046] 이때, 액티브층의 일측에는 온도 센서(120)와 제1 및 제2 히터(132, 134)가 형성되고, 액티브층의 타측에는 ADC(250)와 DAC(260)를 포함하는 제어 회로(200)가 형성된다.

[0047] 이때, 온도 센서(120)의 너비(L2)는 제어 회로(200)의 너비(L3)보다 크게 형성될 수 있다. 유체와 접하는 유량 측정 센서의 단면적 증가를 통해, 유량 측정 센서에서 발생되는 신호의 크기는 증가될 수 있다. 유량 측정 센서는 히터(130)에서 생성되는 열이 지나가는 유체에 의해 얼마나 많은 열 교환을 발생시키냐에 따라서 신호의 크기가 결정된다. 즉, 유체가 흘러오는 방향에서의 제1 히터(132)가 발생시키는 열이 제2 히터(134)가 위치해 있는 지점까지 얼마나 많은 열을 손실하여 온도 차이를 발생시키냐가 발생되는 신호의 크기를 결정하게 된다. 따라서, 본 발명의 유량 측정 센서는 유체가 온도 센서(120)를 지나는 영역의 면적이 증가함에 따라(즉, 온도 센

서(120)의 크기가 증가함에 따라) 신호의 크기가 커지게 된다.

[0048] 즉, 본 발명의 유량 측정 센서는 종래의 유량 측정 센서보다 큰 사이즈로 형성됨으로써, 센싱 감도가 향상될 수 있다.

[0049] 본 발명의 유량 측정 센서에서, 온도 센서(120) 및 히터(130)는 얇은 유리 기판(thin glass) 또는 유연 기판(flexible circuit) 상에 형성될 수 있다.

[0050] 이러한 본 발명의 유량 측정 센서는 웨어러블 디바이스(Wearable device) 또는 의료용 기기로써 혈류 측정용 센서 등에 이용될 수 있다. 즉, 유량 측정 센서는 유연기판에 대면적의 온도 센서 및 히터 구조와 소형 CMOS 집적 구조를 투-칩 구조(Two-Chip Structure)로 이원화함으로써, 착용감 및 감도를 높일 수 있으며, 웨어러블 디바이스로 활용 가능할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0052] 도 5 및 도 6을 참조하면, 종래의 유량 측정 센서(A)의 경우, 하부 실리콘층의 두께(H1)는 약 100 ㎛를 가졌다. 일반적인 가공 전 기판의 경우, 약 700㎛의 두께를 가지고, 기계적 식각 공정을 통해 약 100 ㎛ 두께의 하부 실리콘층이 형성된다. 다만, 이 경우, 종래의 유량 측정 센서(A)에 형성된 ETF는, 1/2 차수의 로우 패스 DSM을 형성하며, 1/2 차수의 LPF 특성을 가지게 된다. 따라서, 종래의 유량 측정 센서는 다소 높은 수준의 양자화 잡음(Quantization Noise)을 발생시켜, 유량 측정 센서의 감도를 향상시키는데 큰 제약사항이 되었다.

[0053] 반면, 본 발명의 유량 측정 센서(B)는 화학적 식각 공정(etching)을 통해, 하부 실리콘층의 두께(H2)를 약 10㎛로 형성한다. 이 경우, 하부 실리콘층은 중앙 부분의 경우, 약 10㎛ 가장자리 부분의 경우 약 12㎛의 두께로 형성될 수 있다. 다만, 앞에서 설명한 하부 실리콘층의 두께에 대한 수치는 하나의 예시에 불과하며, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 본 발명의 유량 측정 센서(B)는 습식 식각 공정(wet etching) 또는 건식 식각 공정(dry etching)을 통해, 하부 실리콘층의 두께(H2)를 약 10㎛로 형성할 수 있다. 이를 통해, 본 발명의 본 발명의 유량 측정 센서(B)의 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio; 이하 SNR)가 개선됨에 따라, 유량 측정 센서(B)의 센싱 감도가 향상된다. 또한, 유량 측정 센서의 두께를 얇게 함에 따라, 유량 측정 센서의 루프 필터(loop-filter)에 의한 LPF 특성은 종래의 1/2 차수 LPF에서 1차수 LPF로 개선된다.

[0055] 이를 통해, 유량 측정 센서의 양자화 잡음이 감소되고, 유량 측정 센서의 면적이 증가함에 따라 신호의 크기가 증가하여, 신호 대 잡음비(SNR)가 증가되고, 센싱 감도가 극대화될 수 있다.

[0056] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서는 종래의 유량 측정 센서보다 큰 주파수 대 데시벨(dB/dec)의 기울기를 가짐에 따라, 높은 센싱 감도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0057] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 유량 측정 센서는, 실리콘 칩의 두께를 최소화하고, 유체와의 접촉 면적을 확장함으로써, 신호의 크기를 증폭시키고 ETF의 차수를 증가시켜 유량 측정 감도를 향상시킬 수 있다.

[0059] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서를 나타내는 블록도이다. 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서의 동작을 설명하기 위한 그래프이다. 이하에서는 앞에서 설명한 실시예와 차이점을 위주로 설명하도록 한다.

[0060] 도 7 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서는 열적 도메인(Thermal Domain) 상에 ETF(100)가 구비되고, 전기적 도메인(electrical Domain) 상에 전자 필터(Electrical Filter)(210)와, ADC(250)와 DAC(260)가 구비된다. 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서는 앞에서 설명한 일 실시예에 따른 유량 측정 센서에 전자 필터(210)를 더 포함한다.

[0061] 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서는 열적 도메인(Thermal Domain) 상에 구비된 ETF(100)와, 전기적 도메인(electrical Domain) 상에 구비된 전자 필터(210), ADC(250), 및 DAC(260)를 포함한다.

[0062] ETF(100)는 열적 LPF(110)와, 온도 센서(120), 하나 이상의 히터(130)를 포함한다.

[0063] 열적 LPF(110)는 온도 센서(120)와 히터(130) 사이에 발생하는 열전달 과정에서 생기는 전달 함수(Transfer Function)을 나타낸다.

[0064] 온도 센서(120)는 양단의 온도를 측정한다. 온도 센서(120)는 양단의 온도 차이를 측정하고, 측정된 온도 차이

를 전압 신호로 변환한다.

[0065] 히터(130)는 열을 발생시켜 인접한 유체 또는 물체에 발생된 열을 전달한다. 히터(130)는 온도 센서(120)의 일측에 배치되는 제1 히터(132)와, 온도 센서(120)의 타측에 배치되는 제2 히터(134)를 포함한다.

[0066] 전자 필터(210)는 온도 센서(120)로부터 전압 신호를 입력받고, 필터링을 통해 출력되는 신호의 차수를 증가시켜 ADC(250)에 전달한다. 전자 필터(210)는 N차수(Nth order)의 LPF로써 동작할 수 있다. 이를 통해 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서는 DSM 기반의 1+N 차수 LPF 특성을 갖는 유량 측정 센서를 구현함으로써, 유량 측정 감도를 극대화시킬 수 있다.

[0067] 구체적으로, 전자 필터(210)는 상호컨덕턴스(Gm)와 커패시턴스(C)값을 이용하는 Gm-C 필터(214)를 포함한다. 또한, 전자 필터(210)는 DAC(260)의 출력으로부터 알파(α) 값의 게인을 갖는 피드백 신호(216)를 수신한다. 여기에서, 알파(α) 값은 전자 필터(210)의 스태빌리티(stability)를 맞춰주기 위한 피드백 펙터(feedback factor)에 해당한다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 전자 필터(210)는 다양한 종류의 필터가 이용될 수 있다.

[0068] 유량 측정 센서에 N차의 전자 필터(210)를 추가하는 경우, 양자화 잡음을 최소화시킬 수 있으며, 앞에서 설명한 것과 같이 유체와의 접촉면을 증가시킴으로써, 유량 측정 센서에서 발생되는 신호의 크기를 증가시키고, 회로 자체에서 발생하는 신호대 잡음비(SNR)를 향상시킬 수 있다.

[0069] ADC(250)는 전자 필터(210)로부터 수신된 N차수로 필터링된 전압 신호를 전기적 신호로 변환한다. ADC(250)는 온도 센서(120)로부터 수신한 전압 신호를 '1'과 '0'으로 이루어진 비트 스트림으로 변환하여 출력한다. 즉, ADC(250)는 아날로그의 전압 신호를 디지털 신호로 변환하여 출력한다. 출력된 디지털 신호는 외부 디지털 장치에 전달되며, 현재 측정된 유량에 대한 데이터를 포함할 수 있다.

[0070] DAC(260)는 ADC(250)에서 출력된 디지털 신호(즉, 비트 스트림)를 아날로그 신호로 변환하여 히터(130)에 전달한다. DAC(260)에서 히터(130)에 전달한 신호는 히터(130)를 동작시키기 위한 동작 신호로 이용될 수 있다. 이때, DAC(260)는 히터(130)의 구동 IC(Driver IC)로써 동작할 수 있으며, 히터(130)에 피드백 신호로써 동작 신호를 인가할 수 있다. 이러한 피드백 신호를 통해, 유량 측정 센서는 열적 DSM 회로로써 동작할 수 있다.

[0071] 유량 측정 센서는 폐쇄형 루프 제어(Close-Loop control)와, 하나의 칩에 구비된 2개의 히터(130) 및 온도 센서(120)를 포함하는 ETF(100)를 이용하여, 열적 평형 상태(Thermal Balancing)를 위한 보상 값을 결정하고, 이를 통해 온도 차이를 측정할 수 있다.

[0072] 액티브층에는 온도 센서(120)와 제1 및 제2 히터(132, 134)가 형성되고, 하부 실리콘층에는 전자 필터(210), ADC(250) 및 DAC(260)를 포함하는 제어 회로(200)가 형성된다.

[0073] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자 필터(210)를 포함하는 유량 측정 센서는, 앞에서 도 6을 참조하여 설명한 일 실시예에 따른 유량 측정 센서보다 큰 주파수 대 데시벨의 기울기(dB/dec)를 가짐에 따라, 높은 센싱 감도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0074] 즉, 본 발명의 다른 실시예에 따른 유량 측정 센서는, 높은 차수(Nth order)의 전자 필터(210)를 포함함으로써, 양자화 잡음의 최소화하고, 신호대 잡음비를 개선시켜 유량 측정 센서의 유량 측정 감도를 향상시킬 수 있다.

[0076] 전술한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

부호의 설명

[0078] 100: ETF 110: 열적 LPF

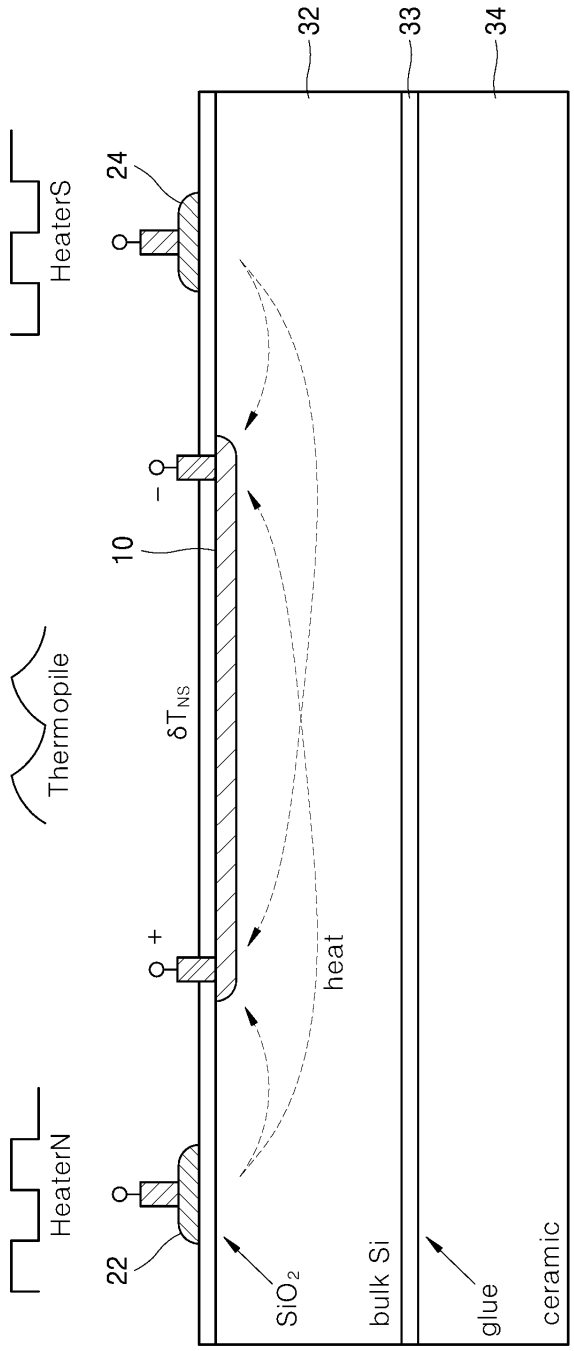
120: 온도 센서 130: 히터

200: 제어 회로 210: 전자 필터

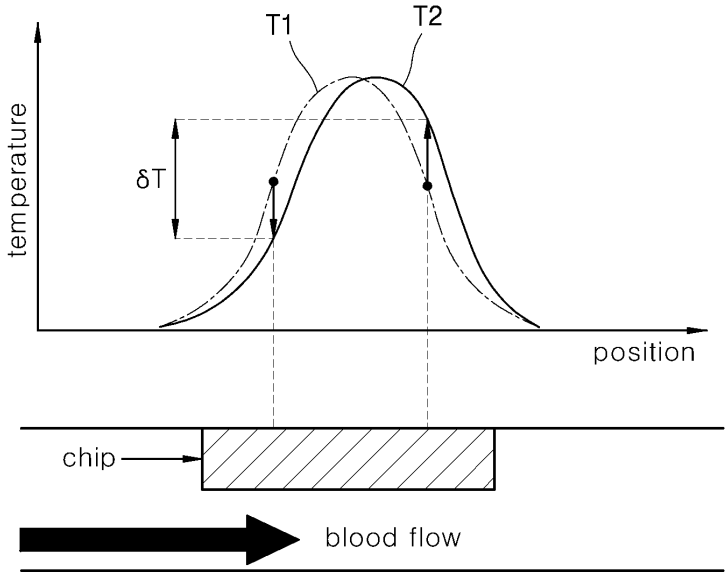
250: ADC 260: DAC

도면

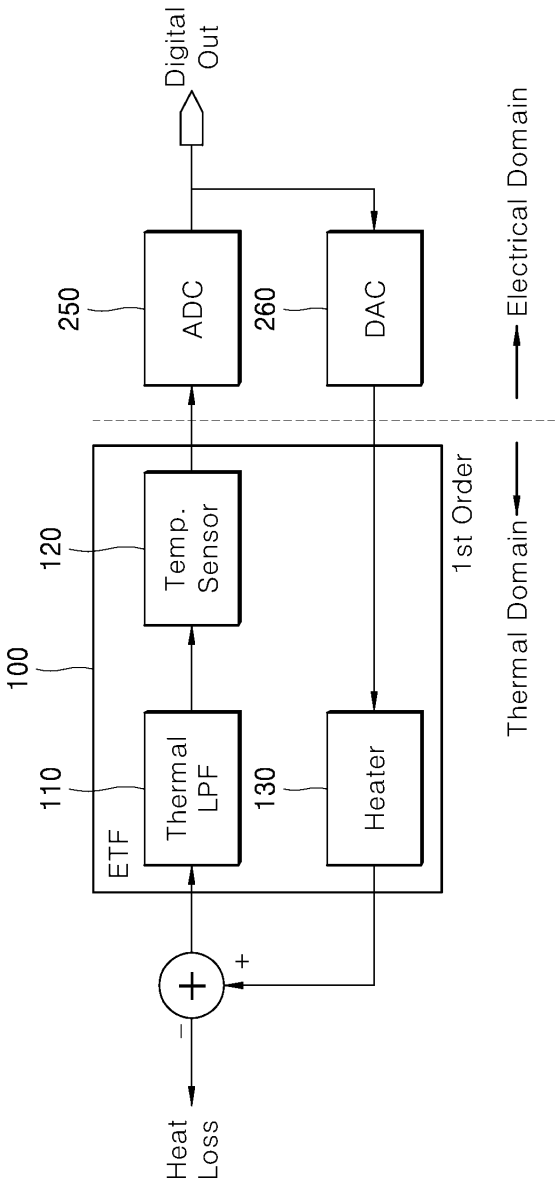
도면1


32
33
34
24
HeaterS
10
Thermopile
δT_{NS}
heat
HeaterN
22
SiO_2
bulk Si
glue
ceramic

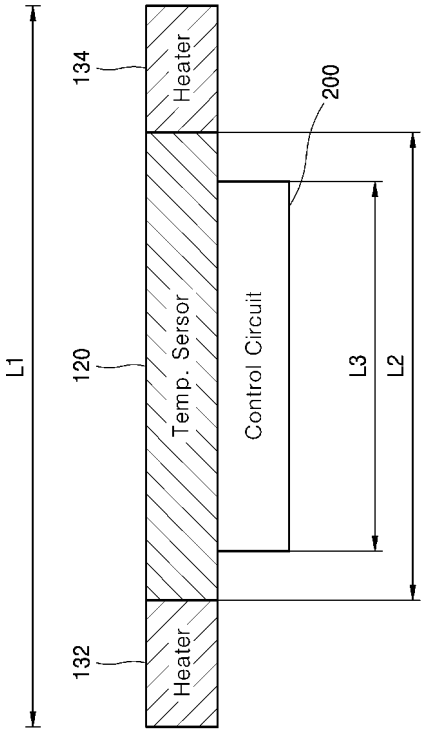
도면2



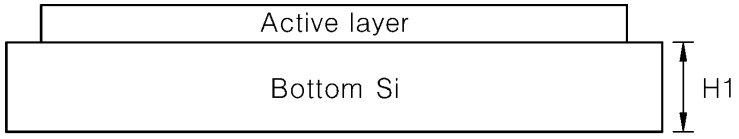
도면3


Digital Out
ADC
DAC
250
260
Electrical Domain
Thermal Domain
1st Order
Temp. Sensor
120
100
Thermal LPF
Heater
110
130
ETF
+
−
Heat Loss

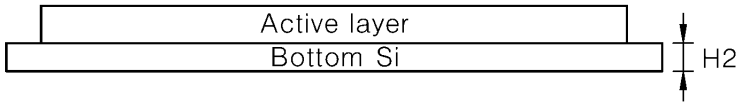
도면4


134
Heater
200
L1
120
Temp. Sersor
Control Circuit
L3
L2
132
Heater

도면5

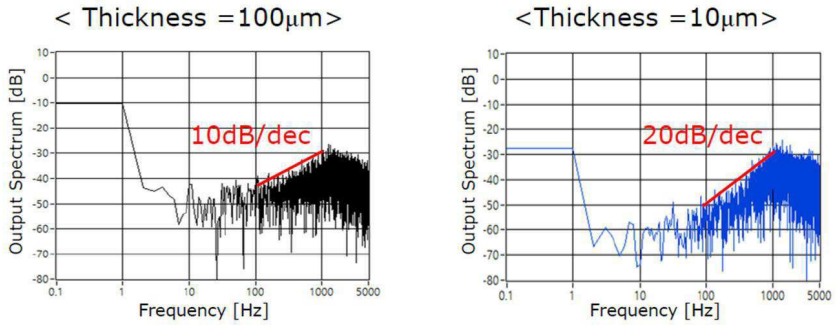

Active layer
Bottom Si
H1

<A>


Active layer
Bottom Si
H2

<B>

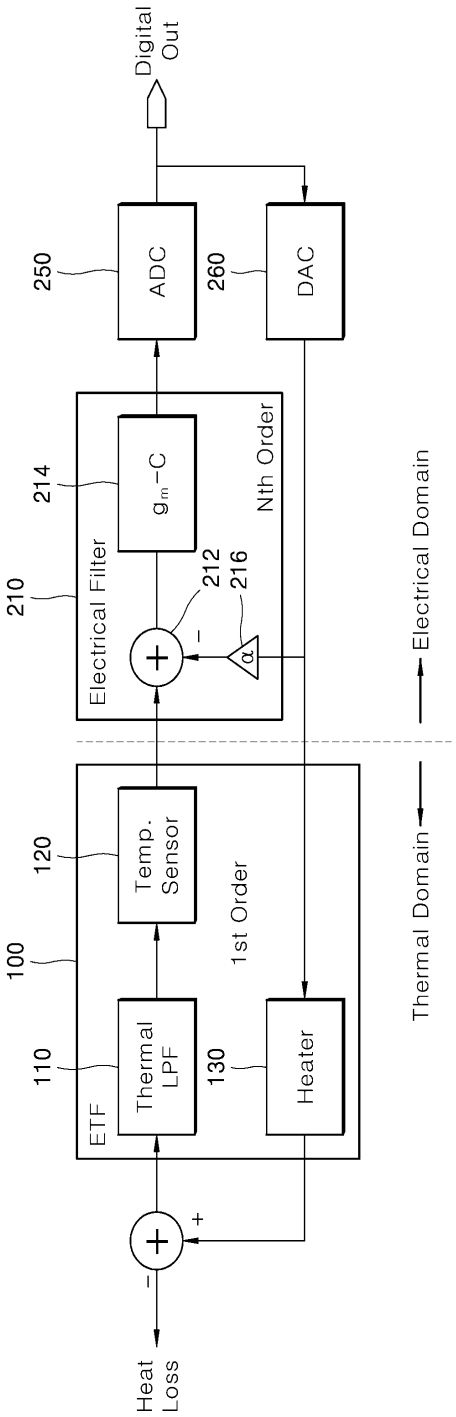
도면6


< Thickness =100μm>
Output Spectrum [dB]
10dB/dec
Frequency [Hz]
<Thickness =10μm>
Output Spectrum [dB]
20dB/dec
Frequency [Hz]

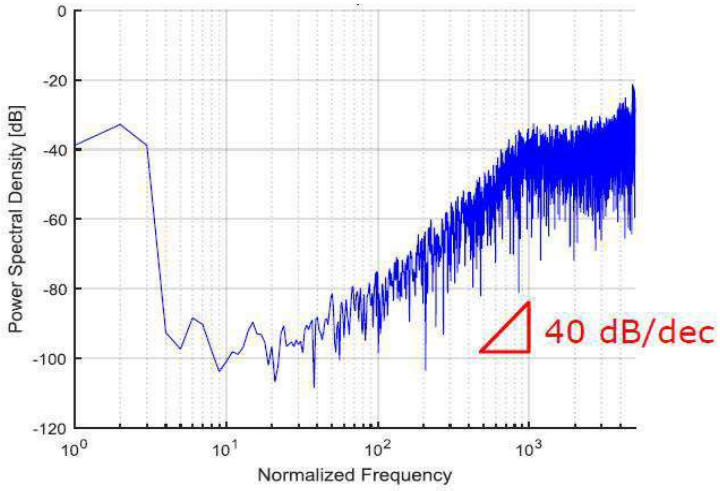
<A>

<B>

도면7


Digital Out
250
ADC
260
DAC
214
g_m-C
Nth Order
Electrical Filter
210
212
216
α
Electrical Domain
Thermal Domain
100
120
Temp. Sensor
1st Order
110
Thermal LPF
130
Heater
ETF
Heat Loss

도면8


0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
Power Spectral Density [dB]
10^0
10^1
10^2
10^3
Normalized Frequency
40 dB/dec