



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0109643
(43) 공개일자 2021년09월06일

- | | |
|---|---|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 1/42 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01F 1/42 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7026413
(22) 출원일자(국제) 2020년01월17일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2021년08월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/014117
(87) 국제공개번호 WO 2020/154197
국제공개일자 2020년07월30일
(30) 우선권주장
62/796,969 2019년01월25일 미국(US) | (71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
스팀프, 존 폴든
미국, 97201 오리건, 포틀랜드, 사우스웨스트 파크 애비뉴 1300
리저, 칼 프레드릭
미국, 97068 오리건, 웨스트 린, 존슨 로드 22675
(74) 대리인
특허법인인벤싱크 |
|---|---|

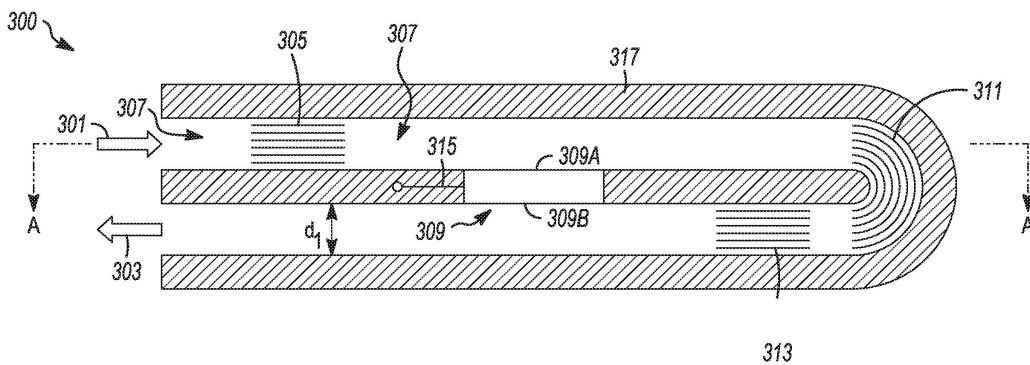
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **차압 기반 유량계들 (DIFFERENTIAL-PRESSURE-BASED FLOW METERS)**

(57) 요약

다양한 실시 예들은 장치를 형성하기 위한 장치들 및 방법들을 포함한다. 일 실시 예에서, 장치는 플로우 경로를 따라 유체를 이송하기 위한 유입구 부분 및 유출구 부분을 갖는 유량계이다. 유체에 압력 강하를 부여하기 위해 플로우-제한기 엘리먼트가 플로우 경로 내에 형성된다. 플로우 센서는 플로우-제한기 엘리먼트의 업스트림으로 흐르는 유체와 직접 유체로 연통하는 플로우 센서의 제 1 표면, 및 제 1 표면과 반대되는 플로우 센서의 부분 상의, 플로우 제한기 엘리먼트의 다운스트림으로 흐르는 유체와 직접 유체로 연통하는 제 2 표면을 갖는다. 플로우 센서는 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트로 인해 유체의 차압을 센싱한다. 다른 장치들 및 시스템들이 개시된다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

유입구 부분 (inlet portion) 및 유출구 부분 (outlet portion) 을 갖고 유체를 이송하도록 구성된 플로우 경로;

상기 플로우 경로 내에 있고 상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분과 상기 유출구 부분 사이에 배치되고 상기 유체에 압력 강하를 부여하도록 (impart) 구성된 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트 (flow-restrictor element); 및

상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분과 상기 유출구 부분 사이에 배치된 플로우 센서로서, 상기 플로우 센서의 제 1 표면은 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트의 업스트림으로 흐르는 상기 유체와 직접 유체로 연통하도록 구성되고, 상기 플로우 센서의 상기 제 1 표면과 반대되는 상기 플로우 센서의 부분 상의 제 2 표면은 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트의 다운스트림으로 흐르는 상기 유체와 직접 유체로 연통하도록 구성되고, 상기 플로우 센서는 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트로 인한 상기 유체의 차압 (differential pressure) 을 센싱하도록 구성되는, 상기 플로우 센서를 포함하는, 유량계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트는 층류 엘리먼트 (laminar flow element) 를 포함하는, 유량계.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트는 오리피스스를 포함하는, 유량계.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트는 복수의 오리피스스들을 포함하는, 유량계.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분 및 상기 유출구 부분은 서로에 대해 실질적으로 평행하게 배치되는, 유량계.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분 및 상기 유출구 부분은 약 0° 내지 약 45° 이격된 각도들로 배치되는, 유량계.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분 및 상기 유출구 부분은 약 45° 내지 약 60° 이격된 각도들로 배치되는, 유량계.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트의 업스트림인 상기 플로우 경로의 제 1 벤딩부 및 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트로부터 다운스트림인 제 2 벤딩부를 더 포함하는, 유량계.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 벤딩부 및 상기 제 2 벤딩부 중 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트로부터 떨어진 적어도 5 내지 7 특성 선형 치수들 (characteristic linear dimensions) 이고, 상기 특성 선형 치수는 상기 플로우 경로의 내부 치수에 기초하는, 유량계.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 플로우 센서는 차압 센서인, 유량계.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 유량계의 턴 다운 비는 적어도 약 100:1인, 유량계.

청구항 12

유입구 부분 및 유출구 부분을 갖고 유체를 이송하도록 구성된 플로우 경로로서, 상기 플로우 경로는 내부에 형성된 단일 벤딩부를 갖는, 상기 플로우 경로;

상기 플로우 경로 내에 있고 상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분과 상기 유출구 부분 사이에 배치되고 상기 유체에 압력 강하를 부여하도록 (impart) 구성된 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트 (flow-restrictor element); 및

제 1 표면 및 상기 제 1 표면과 반대되는 제 2 표면을 갖는 적어도 하나의 플로우 센서로서, 상기 플로우 센서의 상기 제 1 표면은 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트의 업스트림으로 흐르는 상기 유체와 직접 유체로 연통하도록 구성되고, 상기 제 2 표면은 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트의 다운스트림으로 흐르는 상기 유체와 직접 유체로 연통하도록 구성되고, 상기 플로우 센서는 상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트로 인해 상기 유체의 차압을 센싱하도록 구성되는, 유량계.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트는 상기 플로우 경로의 상기 단일 벤딩부 내에 위치되는, 유량계.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기 엘리먼트는 층류 엘리먼트인, 유량계.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플로우-제한기는 이를 통해 형성된 적어도 하나의 오리피스를 갖는 유체 흐름의 방향을 가로 지르도록 구성된 플레이트인, 유량계.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 플로우 경로의 상기 단일 벤딩부는 상기 플로우 경로의 나머지 부분들의 단면적과 비교하여 감소된 단면적을 갖고, 상기 적어도 하나의 플로우-제한기는 상기 감소된 단면적을 포함하는, 유량계.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분의 단면적은 상기 플로우 경로의 상기 유출구 부분의 단면적보다 큰, 유량계.

청구항 18

제 12 항에 있어서,

상기 플로우 경로의 상기 유출구 부분의 단면적은 상기 플로우 경로의 상기 유입구 부분의 단면적보다 큰, 유량계.

청구항 19

제 12 항에 있어서,

상기 유량계는 내부에 위치한 데드 볼륨들을 갖지 않도록 구성되는, 유량계.

청구항 20

유체를 이송하기 위한 업스트림 부분 플로우 경로 및 다운스트림 부분 플로우 경로로서, 상기 업스트림 부분 플로우 경로 및 상기 다운스트림 부분 플로우 경로는 서로 실질적으로 동일선 상에 있는, 상기 업스트림 부분 플로우 경로 및 상기 다운스트림 부분 플로우 경로;

이송된 유체의 방향을 가로 질러 그리고 상기 업스트림 부분 플로우 경로와 상기 다운스트림 부분 플로우 경로 사이에 배치된 플로우-센서 캐리어;

상기 유체의 방향과 실질적으로 동일한 방향으로 상기 플로우-센서 캐리어를 통해 형성된 적어도 하나의 오리피스로서, 상기 적어도 하나의 오리피스는 상기 업스트림 부분 플로우 경로와 상기 다운스트림 부분 플로우 경로 사이에 압력 강하를 제공하기 위한 것인, 상기 적어도 하나의 오리피스; 및

상기 플로우 센서 캐리어 내에 형성되고 제 1 표면 및 상기 제 1 표면과 반대되는 제 2 표면을 갖는 플로우 센서로서, 상기 플로우 센서의 상기 제 1 표면은 상기 플로우 센서 캐리어의 업스트림으로 흐르는 상기 유체와 직접 유체로 연통하도록 구성되고 상기 플로우 센서의 상기 제 2 표면은 상기 플로우 센서 캐리어의 다운스트림으로 흐르는 상기 유체와 직접 유체로 연통하도록 구성되고, 상기 플로우 센서는 상기 적어도 하나의 오리피스로 인해 상기 유체의 차압을 센싱하도록 구성되는, 상기 플로우 센서를 포함하는, 유량계.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서에 개시된 주제는 반도체 및 관련된 산업계들에 사용된 다양한 타입들의 장비에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 개시된 주제는 모두 차압 센서 (differential-pressure sensor) 에 기초하는, 유체의 체적-유량 (volumetric-flow) 또는 유체의 질량-유량 (mass-flow) 을 결정하기 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 산업 프로세스들은 다양한 프로세스 유체들의 정확하고 정밀한 측정 및 제어를 필요로 한다. 비압축성 유체들 (예를 들어, 액체들) 의 측정과 같은 특정한 프로세스들은 체적 플로우 레이트 (volumetric flow rate) (예를 들어, lpm (liters per minute), sccm (standard cubic centimeters per minute), 또는 m³/s (cubic meters per second)) 의 측정만을 필요로 할 수도 있다. 그러나, 압축성 유체들 (예를 들어, 가스들) 의 측정과 같은 다른 프로세스들은 종종 질량-유량 레이트들 (mass-flow rates) (예를 들어, mg/m (milligrams per minute), 또는 kg/s (kilograms per second)) 의 측정을 필요로 한다. 따라서, 압축성 유체들에 대해, 유체의 체적 질량-밀도 (volumetric mass-density) (또한 본 명세서에서 단순히 질량 밀도로 지칭됨) 의 논의는 절대

압력 및 온도의 함수인 것으로 간주될 수도 있다. 예를 들어, 반도체 및 관련 산업들에서, 질량 유량계들 및 질량 유량 제어기들은 프로세스 챔버 내로 도입되는 프로세스 유체의 질량을 정확하고 정밀하게 측정하고 제어하도록 사용된다. 열적 디바이스들, 초음파 TOF (time-of-flight) 디바이스들, Coriolis 디바이스들, 및 압력-기반 디바이스들을 포함하는, 이러한 디바이스들의 플로우 레이트들에 대해 매우 다양한 기법들이 측정될 수 있다.

[0003] 압력-기반 유량계들은 측정될 플로우에 반응하는 압력 강하를 생성하도록 규정된 플로우 제한을 사용한다. 압력-기반 유량계들이 질량-유량계 또는 질량-유량 제어기로서 구성되면, 유량계는 질량-유량 레이트를 계산하기 위해, 유체 속성들 및 플로우 제한 모두의 지식과 결합하여, 온도, 발생하는 압력 강하, 및 (압축성 유체들에 대한) 절대 압력의 측정 값들을 또한 사용한다.

[0004] 도 1을 참조하면, 종래 기술의 차압-기반 유량계 (differential-pressure-based flow meter) (100) 의 단면도가 도시된다. 차압-기반 유량계 (100) 는 플로우 경로 (113) 를 흐르는 유체를 위한 유체 유입구 (109) 및 유체 유출구 (111), 및 제한기 엘리먼트 (107) 를 포함한다. 제 1 캐비티 (103A) 및 제 2 캐비티 (103B) 는 각각 제 1 압력 포트 (105A) 및 제 2 압력 포트 (105B) 에 의해 플로우 경로 (113) 에 커플링된다. 제 1 캐비티 (103A) 는 차압 센서 (101) 의 제 1 측면 (101A) 과 유체-압력 연통하고 그리고 제 2 캐비티 (103B) 는 차압 센서 (101) 의 제 2 측면 (101B) 과 유체-압력 연통한다. 유체가 플로우 경로 (113) 내에서 흐를 때, 제한기 엘리먼트 (107) 는 업스트림 측 상 (유체 유입구 (109) 의 측면 상) 의 유체의 압력으로 하여금 제한기 엘리먼트 (107) 의 다운스트림 측 상 (유체 유출구의 측면 상) 의 압력보다 크게 되게 한다. 결과적으로, (제한기 엘리먼트 (107) 의 업스트림 측 상의) 보다 높은 유체-압력은 제 1 압력 포트 (105A) 를 통해 제 1 캐비티 (103A) 로 연통된다. 유사하게, (제한기 엘리먼트 (107) 의 다운스트림 측 상의) 보다 낮은 압력은 제 2 압력 포트 (105B) 를 통해 제 2 캐비티 (103B) 로 전달된다. 따라서, 차압 센서 (101) 의 제 1 측면 (101A) 은 차압 센서 (101) 의 제 2 측면 (101B) 보다 높은 압력을 경험한다. 캐비티들 (103A, 103B) 이 압력 포트들 (105A, 105B) 에 의해 플로우 경로에 커플링되지만, 캐비티들은 플로우 경로 (113) 내에서 흐르는 유체에 직접 커플링되지 않는다. 따라서, 캐비티들 (103A, 103B) 은 제한기 엘리먼트 (107) 의 양측 상의 압력의 변화를 경험한다.

[0005] 당업자는 차압 센서 (101) 의 동작을 이해한다. 그러나, 일반적으로 차압 센서 (101) 는 일 타입의 가요성 다이아프램으로 간주될 수 있다. 차압 센서 (101) 의 제 1 측면 (101A) 상의 압력이 차압 센서 (101) 의 제 2 측면 (101B) 상의 압력보다 클 때, 차압 센서 (101) 는 플렉싱하거나 (flex) 벤딩한다 (bend). 플렉싱은 두 압력들의 차에 비례하는 전기 신호를 생성한다. 따라서, 차압 센서 (101) 는 생성된 전기적 신호에 기초하여 유체의 플로우 레이트에 대해 캘리브레이팅될 수 있다.

[0006] 그러나, 차압-기반 유량계 (100) 의 중요한 고려 사항은 제 1 캐비티 (103A) 및 제 2 캐비티 (103B) 각각이 차압-기반 유량계 (100) 의 동작 동안 플러싱되지 않는 "데드 볼륨"을 포함한다는 것이다. 결과적으로, 다양한 타입들의 오염물은 캐비티들 (103A, 103B) 중 어느 하나 내에 트랩될 수도 있고, 잠재적으로 플로우 경로 (113) 내 유체 플로우 내로만 배출될 수도 있다. 반도체 프로세스 동작에서 사용되는 차압-기반 유량계 (100) 의 경우, 오염물은 제조될 하나 이상의 집적 회로들에서 결함을 생성할 수도 있다. 이러한 결함은 하나 이상의 집적 회로들로 하여금 비-동작되게 할 수 있고 집적 회로들을 제조하는 회사에 상당한 수익 손실을 나타낼 수도 있다.

[0007] 따라서, 본 명세서에 기술된 다양한 실시 예들에서, 개시된 주제는 어떠한 데드 볼륨들도 갖지 않는 몇몇 타입들의 차압-기반 유량계들을 개시한다.

[0008] 이 섹션에 기술된 정보는 이하의 개시된 주제에 대한 맥락을 당업자에게 제안하도록 제공되고, 인정된 종래 기술로 간주되지 않아야 한다.

발명의 내용

[0009] 우선권 주장

[0010] 본 출원은 2019 년 1 월 25 일에 출원된, 명칭이 "DIFFERENTIAL-PRESSURE-BASED FLOW METERS"인 미국 특허 출원 번호 제 62/796,969 호의 우선권 이점을 주장하고, 이는 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 종래 기술의 차압-기반 유량계의 단면도를 도시한다.
- 도 2는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계의 실시 예의 단면도를 도시한다.
- 도 3a는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계의 또 다른 실시 예의 단면도를 도시한다.
- 도 3b는 도 3a의 차압-기반 유량계의 실시 예의 절단도를 도시한다.
- 도 4a는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계의 또 다른 실시 예의 단면도를 도시한다.
- 도 4b는 도 4a의 차압-기반 유량계의 실시 예와 함께 사용된 플로우-센서 캐리어의 상세들을 도시한다.
- 도 4c는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계의 또 다른 실시 예의 단면도를 도시한다.
- 도 4d는 도 4c의 차압-기반 유량계의 실시 예와 함께 사용된 플로우-센서 캐리어의 상세들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 개시된 주제는 이제 첨부된 도면들 중 다양한 도면들에 예시된 바와 같이 몇몇 일반적이고 특정한 실시 예들을 참조하여 상세히 기술될 것이다. 이하의 기술에서, 개시된 주제의 완전한 이해를 제공하기 위해 수많은 구체적 상세들이 제시된다. 그러나, 개시된 주제가 이들 구체적인 상세들의 일부 또는 전부 없이 실시될 수도 있다는 것이 당업자에게 명백할 것이다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스 단계들, 구성 기법들, 또는 구조체들은 개시된 주제를 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다.
- [0013] 기술된 실시 예들 각각에서, 다양한 차압-기반 유량계들은 체적-유량계들로 간주될 수도 있다. 그러나, 개시된 주제를 읽고 이해하면, 당업자는 개시된 체적-유량계들의 다양한 실시 예들 각각을 질량-유량계들 또는 질량-유량 제어기들로 변환하는 방법을 인식할 것이다. 이러한 기법들은 또한 이하에 보다 상세히 기술된다.
- [0014] 이제 도 2를 참조하면, 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계 (200)의 실시 예의 단면도가 도시된다. 차압-기반 유량계 (200)는 유체가 플로우 경로 (205) 내로 흐르도록 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203)를 포함하는 것으로 도시된다. 도 2는 또한 제 1 측면 (207A) 및 제 2 측면 (207B)을 갖는 플로우 센서 (207), 뿐만 아니라 플로우-제한기 엘리먼트 (211), 및 유량계 바디 (215)를 포함하도록 도시된다. 플로우 경로 (205)를 흐르는 유체는 플로우 센서 (207)와 직접적으로 수압 (hydraulic) 또는 공압으로 (pneumatic) 연통하기 때문에, 종래 기술의 차압-기반 플로우에 의해 요구되는 바와 같이 제 1 캐비티 및 제 2 캐비티 (103A, 103B)로 압력을 증계하기 위해 도 1의 제 1 압력 포트 및 제 2 압력 포트 (105A, 105B)가 필요하지 않다. 결과적으로, 압력 포트들 (105A, 105B) 및 캐비티들 (103A, 103B)은 개시된 주제의 다양한 실시 예들에서 필요하지 않기 때문에, 임의의 오염물들을 트랩하고 나중에 잠재적으로 방출할 데드 볼륨이 없다. 또한, 플로우 경로가 연속적이기 때문에, 차압-기반 유량계 (200)는 동작하는 동안 연속적으로 플러싱된다.
- [0015] 플로우-제한기 엘리먼트 (211)는 플로우 경로 (205)의 제 1 벤딩부 (209)와 플로우 경로 (205)의 제 2 벤딩부 (213) 사이에 위치된다. 제 1 벤딩부 및 제 2 벤딩부 (209, 213)는 유체로 하여금 플로우 센서 (207)의 반대되는 측면들 (즉, 제 1 측면 (207A) 및 제 2 측면 (207B))을 지나 플로우 경로 (205)를 흐르게 한다. 플로우-제한기 엘리먼트 (211)는 플로우-제한기 엘리먼트 (211)의 다운스트림보다 플로우-제한기 엘리먼트 (211)의 업스트림에서 보다 높은 압력을 가지게 하는 임의의 타입의 플로우-제한 디바이스를 포함할 수도 있다. (특정 실시 예들에서, 차압-기반 유량계 (200)의 설계는 양방향이다. 따라서, 플로우 센서 (207)의 반대되는 측면들의 압력 차는 반전될 수도 있다.) 이러한 플로우-제한 디바이스는, 예를 들어, 플로우 경로 (205)에 걸쳐 위치한 플레이트에 머시닝되거나 달리 형성된 오리피스들, 또는 층류 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 다른 실시 예들에서, 플로우-제한기 엘리먼트 (211)는 감소된-면적 플로우 경로의 업스트림으로 흐르는 유체의 압력을 상승시키기 위해 감소된 단면적을 갖는 플로우 경로 (205)의 영역을 포함할 수도 있다. 이러한 디바이스들 및 기법들은 당업계에 공지되어 있다.
- [0016] 일 실시 예에서, 플로우 센서 (207)는 플로우 센서 (207)의 제 1 측면 (207A)상의 유체 압력과 제 2 측면 (207B)상의 유체 압력 간의 압력 차로써 경험되는 압력의 차를 센싱하는 차압 센서를 포함한다. 이 실시 예에서, 플로우 센서 (207)는 일 타입의 가요성 다이어프램으로 간주될 수 있다.
- [0017] 당업자에게 공지된 바와 같이, 차압 센서는 당업계에 공지된 다른 플로우 센서들보다 훨씬 큰 범위의 유체 플로우 레이트들을 측정할 수 있다. 검출 가능한 유체 플로우 레이트들의 범위는 "턴 다운 비 (turndown ratio)"로 공지된다. 턴 다운 비는 또한 "조절가능량 (rangeability)"으로 지칭되고, 유량계가 유체의 플로우 레이트를

정확하게 측정할 수 있는 범위를 나타낸다. 따라서, 턴 다운 비는 측정 범위의 하한과 측정 범위의 상한을 나타내고 상한과 하한 사이의 비로서 표현된다. 본 명세서에 개시된 유량계들의 다양한 실시 예들 각각에 대해, 턴 다운 비는 적어도 약 100:1 이상일 수도 있다.

[0018] 다양한 실시 예들에서 그리고 도 2에 도시된 바와 같이, 플로우 센서 (207) 는 플로우 센서 (207) 의 반대되는 측면들 상에서 서로에 대해 대략 180 ° 이격된 방향들로 흐르는 유체의 플로우 레이트를 측정하도록 배치된다 (즉, 플로우 센서 (207) 의 반대되는 측면 상의 유입구 플로우 및 유출구 플로우는 서로 실질적으로 평행하지만 반대 방향들이다). 그러나, 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203) 에서 유체가 서로 실질적으로 평행하게 흐를 필요는 없다. 즉, 유체 유입구 (201) 로부터 흐르는 유체는 거의 반대 방향들로 유체 유출구 (203) 를 향해 흐를 필요가 없다. 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203) 는 예를 들어, 약 0 ° 내지 약 45 ° 이격된 각도들로 배치될 수도 있다. 다른 실시 예들에서, 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203) 는 예를 들어, 약 45 ° 내지 약 60 ° 이격된 각도들로 배치될 수도 있다. 여전히 다른 실시 예들에서, 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203) 는 예를 들어, 약 60 ° 내지 약 90 ° 이상 이격되는 각도들로 배치될 수도 있다. 결과적으로, 플로우 센서에 근접한 유체 플로우가 층류 레짐 (regime) 으로 흐르는 것이 바람직한 실시 예들에서, 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203) 는 다양한 각도들로 배치될 수도 있고 개시된 주제의 범위 내로 간주될 것이다.

[0019] 예를 들어, 상기 기술된 유체 유입구 (201) 및 유체 유출구 (203) 의 다양한 방향 시나리오들 각각은 플로우 센서 (207) 에 근접한 플로우 경로의 일부에서 플로우 센서 (207) 의 반대되는 측면들 상에서 서로에 대해 대략 180 ° 인 방향들로 흐를 수도 있다. 그러나, 플로우 센서 (207) 에 대해 원위에 (예를 들어, 이하에 보다 상세히 기술된 바와 같이, 플로우 센서 (207) 근방에 층류 레짐을 수용하기 위해 적절한 거리들에서 플로우 센서 (207) 로부터 업스트림 및 다운스트림), 플로우 경로들은 다음과 같이 차압-기반 유량계 (200) 상에 커플러들을 배치 (placing couplers) 또는 피팅 (fittings) 시 편의를 위해 상기 기술된 바와 같이 서로로부터의 임의의 상대적인 각도들로 배치될 수 있다.

[0020] 계속해서 도 2를 참조하면, 제 1 벤딩부 (209) 및 제 2 벤딩부는 플로우-제한기 엘리먼트 (211) 의 반대되는 측면들 상에 있다. 그러나, 차압-기반 유량계 (200) 의 미리 결정된 구현 예에 대해, 유체 플로우가 층류 레짐에 있는 것이 바람직하다면, 제 1 벤딩부 (209) 및 제 2 벤딩부 (213) 중 적어도 하나가 각각 상기 플로우-제한기 엘리먼트 (211) 의 업스트림 및 다운스트림 각각의 (내부 치수에 기초하여 그리고 플로우 경로의 단면이 원형이라고 가정) 적어도 5 내지 7 직경으로 위치될 수도 있다. 대안적으로, 또는 적어도 5 내지 7 직경들의 증가된 경로 길이에 더하여, 당업계에 공지된 다양한 플로우-정류기 (flow-straightener) 디바이스들이 또한 플로우 경로 (205) 내에서 사용될 수도 있다. 유체 역학의 기본 원리들에 기초하여, 당업자는 층류 유체 플로우를 수용하도록 플로우 경로 (205) 를 구성하고 사이징하는 방법을 인식할 것이다. 예를 들어, 플로우 경로 (205) 가 원형 단면을 갖지 않는다면, 예를 들어, 직사각형 단면을 갖는 플로우 경로의 경우 수력학적 직경 (hydraulic diameter), 벤딩부들 (209, 213) 의 업스트림 및 다운스트림 채널의 길이들과 같은 또 다른 관련 내부 특성 선형 치수는 층류를 복원하도록 선택될 수도 있다. 개시된 주제의 관독 및 이해에 기초하여, 당업자는 미리 결정된 유체 플로우 레이트, 유체 밀도, 및 유체의 동적 점도에 대한 층류를 생성하도록 (예를 들어, 벤딩 전 또는 후) 플로우 경로들의 길이들을 결정하는 방법을 인식할 것이다.

[0021] 층류 유체 플로우를 제공하는 것에 대한 대안으로서, 그리고 다른 실시 예들에서, 플로우 센서 (207) 는 플로우 레이트의 변동이 상당히 일관된 난류 (turbulent-flow) 레짐 또는 천이-플로우 (transitional-flow) 레짐에 대해 캘리브레이션될 수도 있다. 플로우의 허용 가능한 변동은 주어진 유체 및 관심 플로우 레이트에 대해 경험적으로 결정될 수도 있고 또는 당업계에 공지된 CFD (computational fluid dynamic) 분석을 사용하여 미리 결정될 수도 있다. 예를 들어, 당업자는 플로우가 예를 들어, 공칭 플로우 레이트의 ± 10 %보다 크게 가변하지 않는다면, 난류 플로우 레이트들이 미리 결정된 허용 오차 내에 있을 수도 있다고 결정할 수도 있다. 이러한 캘리브레이션 기법들은 관련 기술에 공지되어 있다.

[0022] 전반적으로, 차압-기반 유량계 (200) 는 당업계에 공지된 다양한 수단에 의해 구성될 수도 있다. 예를 들어, 다양한 실시 예들에서, 차압-기반 유량계 (200) 는 재료의 하나 이상의 적층들 (laminations) 로부터 구성될 수도 있고, 여기서 적층 각각은 최종 어셈블리 전에 적어도 부분적으로 머시닝되거나 달리 형성된다 (예를 들어, 몰딩된다). 특정한 예시적인 실시 예에서, 제 1 적층 부분은 316L 스테인리스로 머시닝될 수도 있다. 제 1 적층 부분을 실질적으로 미러링하는 제 2 적층 부분이 또한 머시닝된다. 이어서 플로우 센서 (207) 및 플로우-제한기 엘리먼트 (211) 는 적층 부분들 중 하나에 배치되고 접촉된다 (예를 들어, 용접되거나, 화학적으로 접촉되

거나, 그렇지 않으면 본딩된다). 이어서 2 개의 적층 부분들은 함께 용접되거나 본딩된다.

- [0023] 다른 실시 예들에서, 유량계 바디 (215) 는 주조되거나 (cast), 몰딩되거나, 소결되거나 (sinter), 달리 형성되고 함께 결합된 (join) 부분들을 가질 수도 있다. 또 다른 실시 예들에서, 유량계 바디는 (예를 들어, 3 차원 프린터로부터 프린트된) 추가식-제조 기법들 (additive-manufacturing techniques) 을 사용하여 부분적으로 또는 완전히 생성될 수도 있다. 이러한 기법들 및 다른 기법들은 당업계에 공지되어 있다.
- [0024] 유량계 바디 (215) 는 당업계에 공지된 다수의 재료들 중 하나 이상으로부터 형성될 수도 있다. 예를 들어, 차압-기반 유량계 (200) 가 가성 (caustic) 유체 또는 부식성 (corrosive) 유체를 반응하는 것으로 예상된다면, 다양한 타입의 세라믹 재료 (예를 들어, 알루미늄 옥사이드 (Al₂O₃), 지르코늄 다이옥사이드 (ZrO₂) 또는 베릴륨 옥사이드 (BeO)) 또는 스테인레스 스틸 (예를 들어, 304 타입 또는 316L 타입) 이 유량계 바디 (215) 의 적어도 일부들을 형성하기 위해 선택될 수도 있다. 다른 적용 예들에서, 다양한 타입들의 머시닝 가능한 및/또는 성형 가능한 폴리머들 및 고성능 플라스틱들이 적어도 유량계 바디 (215) 의 일부들을 형성하도록 선택될 수도 있다.
- [0025] 도 3a는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계 (300) 의 또 다른 실시 예의 단면도를 도시한다. 층류 레짐의 유체들의 플로우들을 측정하기 위해 사용될 때, 긴 플로우 경로는 플로우 센서 (309) 의 면들 상으로 유체의 점성 충돌 가능성을 감소시키거나 제거하여, 천이 플로우 또는 난류로 인한 측정 에러들을 감소시키거나 제거한다. 그러나, 이하에 보다 상세히 논의된 바와 같이, 차압-기반 유량계 (300) 는 또한 천이-플로우 레짐들 및 난류 레짐들에서 플로우들과 함께 사용하도록 캘리브레이팅될 수 있다.
- [0026] 도 3a의 차압-기반 유량계 (300) 는 플로우 경로 (307) 내에서 흐르는 유체를 위한 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 를 포함하는 것으로 도시된다. 도 3a는 제 1 측면 (309A) 및 제 2 측면 (309B) 을 갖는 플로우 센서 (309), 및 플로우 센서 (309) 를 플로우 제어기 또는 마이크로 프로세서 (미도시) 와 같은 외부 디바이스에 커플링하기 위한 센서 와이어 (315) 를 포함하는 것으로 도시된다. 도 3a는 또한 제 1 층류 엘리먼트 (305), 제 2 층류 엘리먼트 (313), 유량-제한기 엘리먼트 (311), 및 유량계 바디 (317) 를 포함하는 것으로 도시된다.
- [0027] 다양한 실시 예들에서, 제 1 층류 엘리먼트 (305) 및 제 2 층류 엘리먼트 (313) 중 적어도 하나는 선택 가능하다 (optional). 층류 엘리먼트들 (305, 313) 이 선택 가능한지 여부는 플로우 센서 (309) 가 도 2의 차압-기반 유량계 (200) 를 참조하여 상기 논의된 바와 같이, 층류 레짐, 천이 플로우 레짐, 또는 난류 레짐에서 유체의 플로우 레이트를 측정하도록 구성되는지 여부에 적어도 부분적으로 종속된다.
- [0028] 층류 엘리먼트들 (305, 313) 이 선택 가능한지 여부에 대한 또 다른 고려 사항은 유체 유입구 (301) 에 대한 플로우 센서 (309) 의 제 1 측면 (309A) 의 물리적 위치 (거리) 뿐만 아니라 플로우-제한기 엘리먼트 (311) 에 대한 플로우 센서 (309) 의 제 2 측면 (309B) 의 물리적 위치 (거리) 에 적어도 부분적으로 종속된다. 예를 들어, 차압-기반 유량계 (300) 는 플로우 센서 (309) 가 유체 유입구 (301) 로부터 충분한 거리에 있도록 구성될 수도 있고, 또는 유체를 차압 기반 유량계 (300) 로 이송하는 튜브들, 채널들, 또는 다른 파이프들의 조합이 유체의 제 1 속도 프로파일이 적어도 제 1 측면 (309A) 상의 플로우 센서 (309) 의 업스트림 에지에 의해 통과하기 직전에 층류 레짐에 있도록 충분히 길다. 이러한 결정들 및 계산들은 당업자에 의해 잘 이해된다. 유사하게, 플로우-제한기 엘리먼트 (311) 의 다운스트림 측면으로부터 제 2 측면 (309B) 상의 플로우 센서 (309) 의 업스트림 에지까지의 물리적 거리는 유체의 제 2 속도 프로파일이 층류 레짐에 있도록 구성될 수 있다.
- [0029] 이에 따라, 하나 이상의 층류 엘리먼트들 (305, 313) 이 차압-기반 유량계 (300) 에서 사용될 수도 있다. 예를 들어, 차압-기반 유량계 (300) 의 다양한 실시 예들 및 구성들에 대해, 3 개 이상의 층류 엘리먼트들 (2 개만 도시됨) 이 사용될 수도 있다. 부가적으로, 2 개 이상의 플로우-제한기 엘리먼트들 (311) (하나만 도시됨) 이 특정한 타입들의 유체 또는 특정한 범위들의 유체 플로우에 대해 사용될 수도 있다. 예를 들어, 저 플로우 레이트들을 측정할 때, 플로우-제한기 엘리먼트들 (311) 중 2 개 이상이 압력 차를 상승시키도록 사용될 수도 있고, 여기서 플로우 센서 (309) 는 차압 센서가 되도록 선택된다.
- [0030] 도 2의 차압-기반 유량계 (200) 에서와 같이, 플로우 경로 (205) 를 흐르는 유체는 압력 센서와 직접적으로 수압 또는 공압으로 연통하기 때문에, 종래 기술의 도 1의 차압-기반 유량계에 의해 요구되는, 제 1 캐비티 및 제 2 캐비티 (103A, 103B) 로 압력을 릴레이하기 위해 제 1 압력 포트 및 제 2 압력 포트 (105A, 105B) 가 필요하지 않다. 결과적으로, 압력 포트들 (105A, 105B) 및 캐비티들 (103A, 103B) 은 개시된 주제의 다양한 실시 예들에서 필요하지 않기 때문에, 임의의 오염물들을 트랩하고 나중에 잠재적으로 방출할 데드 볼륨이 없다.
- [0031] 도 2의 플로우 제한기 엘리먼트 (211) 에 대해 논의된 바와 같이, 도 3a의 플로우-제한기 엘리먼트 (311) 는 다

양한 타입들의 플로우-제한 디바이스들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 플로우-제한기 엘리먼트 (311) 는 층류 엘리먼트, 하나 또는 복수의 오리피스들을 드릴링하거나 달리 관통하여 형성되는 유체 플로우의 방향을 가로 지르도록 구성된 플레이트, 또는 별도의 플로우 제한 디바이스가 없는 플로우 경로의 제한적인 벤딩부일 수도 있다. 또한, 플로우 센서 (309) 는 도 2의 플로우 센서 (207) 를 참조하여 상기 기술된 바와 같이 하나 이상의 타입들의 플로우 센서를 포함할 수도 있다. 본 명세서에 제공된 개시된 주제의 이해의 용이함을 위해, 플로우 센서 (309) 는 차압 센서인 것으로 간주될 수도 있다.

[0032] 도 2를 참조하여 또한 논의된 바와 같이, 플로우 센서 (309) 는 플로우 센서 (309) 의 반대되는 측면들 상에서 서로에 대해 대략 180 ° 인 방향들로 흐르는 유체의 플로우 레이트를 측정하도록 구성된다 (즉, 플로우 센서 (309) 상의 유입구 플로우 및 유출구 플로우는 서로 실질적으로 평행하지만 반대 방향들이다). 그러나, 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 에서 유체가 서로 실질적으로 평행하게 흐를 필요는 없다. 즉, 유체 유입구 (301) 로부터 흐르는 유체는 거의 반대 방향들로 유체 유출구 (303) 를 향해 흐를 필요가 없다. 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 는 예를 들어, 약 0 ° 내지 약 45 ° 이격된 각도들로 배치될 수도 있다. 다른 실시 예들에서, 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 는 예를 들어, 약 45 ° 내지 약 60 ° 이격된 각도들로 배치될 수도 있다. 또 다른 실시 예들에서, 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 는 예를 들어, 약 60 ° 내지 약 90 ° 이격되거나 그 이상인 각도들로 배치될 수도 있다. 결과적으로, 플로우 센서에 근접한 유체 플로우가 층류 레짐으로 흐르는 것이 목표되는 실시 예들에서, 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 는 다양한 각도들로 배치될 수도 있고 개시된 주제의 범위 내인 것으로 간주될 것이다.

[0033] 예를 들어, 상기 기술된 유체 유입구 (301) 및 유체 유출구 (303) 의 다양한 방향 시나리오들 각각은 플로우 센서 (309) 에 근접한 플로우 경로의 일부에서 플로우 센서 (309) 의 반대되는 측면들 상에서 서로에 대해 대략 180 ° 인 방향들로 흐를 수도 있다. 그러나, 플로우 센서 (309) 에 대해 원위에 (예를 들어, 여기에 보다 상세히 기술된 바와 같이, 플로우 센서 (309) 근방에 층류 레짐을 수용하기 위해 적절한 거리들에서 플로우 센서 (309) 로부터 업스트림 및 다운스트림), 플로우 경로들은 다음과 같이 차압-기반 유량계 (300) 상에 커플러들을 배치 또는 피팅시 편의를 위해 상기 기술된 바와 같이 서로로부터의 임의의 상대적인 각도들로 배치될 수 있다.

[0034] 계속해서 도 3a를 참조하면, 플로우-제한기 엘리먼트 (311) 는 플로우 경로 (307) 의 제 1 층류 엘리먼트 (305) 와 플로우 경로 (307) 의 제 2 층류 엘리먼트 (313) 사이에 위치된다. 결과적으로, 제 1 층류 엘리먼트 및 제 2 층류 엘리먼트 (305, 313) 는 플로우 경로 (307) 를 흐르는 유체로 하여금 플로우 센서 (309) 의 반대되는 측면들 (제 1 측면 (309A) 및 제 2 측면 (309B)) 을 지나 흐르게 한다. 차압 센서에 기초한 플로우 센서 (309) 와 함께 사용될 때, 플로우 제한기 엘리먼트 (311) 는 플로우 경로 (307) 를 흐르는 유체로 하여금 플로우 제한기 엘리먼트 (311) 의 다운스트림보다 플로우 제한기 엘리먼트 (311) 의 업스트림에서 보다 높은 압력을 갖게 하는 임의의 타입의 플로우-제한 디바이스를 포함할 수도 있다. 이러한 플로우-제한 디바이스는, 예를 들어, 플로우 경로 (307) 에 걸쳐 위치한 플레이트 내에 머시닝되거나 달리 형성된 오리피스들을 포함할 수도 있다. 다양한 실시 예들에서, 플로우-제한기 엘리먼트 (311) 는 또한 부가적인 층류 엘리먼트를 포함할 수도 있다. (층류 엘리먼트들은 층류 엘리먼트의 길이에 걸쳐 압력 강하를 유발하는 것으로 당업계에 공지되어 있다.) 다른 실시 예들에서, 도 2를 참조하여 상기 기술된 바와 같이, 플로우 경로 (307) 의 단면적은 감소된-면적 플로우 경로의 업스트림으로 흐르는 유체의 압력을 증가시키도록 감소될 수도 있다. 다양한 실시 예들에서, 플로우 경로 (307) 의 직경 (d_1) 은 플로우 경로 (307) 의 제 2 부분의 직경 (d_2) 보다 크거나 작게 선택될 수도 있다 (도 3b 참조). 이러한 디바이스들 및 기법들은 당업계에 공지되어 있다.

[0035] 도 3b는 도 3a의 차압-기반 유량계 (300) 의 실시 예의 절단도 (330) (도 3a의 A-A 절단도) 을 도시한다. 개시된 주제를 읽고 이해하면, 당업자는 도 3a 및 도 3b의 차압-기반 유량계 (300) 는 예를 들어, 도 2를 참조하여 상기 기술된 임의의 재료들 또는 기법들을 사용하여 구성될 수도 있다는 것을 인식할 것이다.

[0036] 도 4a는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계 (400) 의 또 다른 실시 예의 단면도를 도시한다. 차압-기반 유량계 (400) 가 차압 센서에 기초하는 것으로 기술되었지만, 차압-기반 유량계 (400) 는 당업계에 공지된 임의의 다양한 플로우 센서들을 사용할 수 있다. 따라서, 용어 "차압-기반 유량계"는 이하에 기술된 바와 같이 도 4a의 다양한 실시 예들의 이해를 용이하게 하기 위해 주로 사용된다.

[0037] 도 4a의 차압-기반 유량계 (400) 는 유체 유입구 (401), 유체 유출구 (403), 업스트림 부분 플로우 경로 (405L), 다운스트림 부분 플로우 경로 (405R), 제 1 인클로저 부분 (407L), 제 2 인클로저 부분 (407R), 및 플로우 센서 캐리어 (409) 를 포함하는 것으로 도시된다. 업스트림-부분 플로우 경로 (405L) 및 다운스트림-부분 플로우 경로 (405R) 는 각각 플로우-센서 캐리어 (409) 의 업스트림 및 다운스트림이다. 플로우-센서 캐리어

(409) 는 업스트림 측면 (413A) 및 다운스트림 측면 (413B) 을 갖는다.

- [0038] 도 4b는 도 4a의 차압-기반 유량계 (400) 의 실시 예와 함께 사용된 플로우-센서 캐리어 (409) 의 상세들을 도시한다. 도 4a 및 도 4b를 동시에 참조하면, 플로우-센서 캐리어 (409) 는 차압 센서 (413) 및 제 1 쓰루홀 (411), 제 2 쓰루홀 (417), 및 제 3 쓰루홀 (419) 을 포함하는 것으로 도시된다. 쓰루홀들 (411, 417, 419) 은 유체가 업스트림 부분 플로우 경로 (405L) 로부터 다운스트림 부분 플로우 경로 (405R) 로 흐르게 하는 플로우-센서 캐리어 (409) 를 통해 실질적으로 동일한 방향으로 형성된 오리피스들을 포함한다.
- [0039] 개시된 주제를 읽고 이해하면, 당업자는 제 1 쓰루홀, 제 2 쓰루홀, 및 제 3 쓰루홀 (411, 417, 419) 중 적어도 2 개가 선택 가능하고 플로우 센서 캐리어 (409) 내에 단일 쓰루홀만 필요하다는 것을 인식할 것이다. 다른 실시 예들에서, 3 개보다 많은 쓰루홀들 (예를 들어, 4 개 이상) 이 있을 수도 있다. 또한, 임의의 쓰루홀들은 당업계에 독립적으로 공지된 다양한 기법들을 통해 다양한 직경들 및 형상들로 형성될 수도 있다. 이러한 기법들은 레이저 드릴링, 머신 드릴링, EDM (Electrical Discharge Machining), 또는 당업계에 공지된 다른 제거식 (subtractive) 머시닝 동작들을 포함한다. 예를 들어, 쓰루홀들 (411, 417, 419) 중 적어도 하나는 원뿔형 또는 테이퍼된 유입구 및/또는 유출구를 가질 수도 있고 원형, 타원형, 또는 다른 단면 홀을 가질 수도 있다. 다른 실시 예들에서, 플로우-센서 캐리어 (409) 전체가 상기 논의된 바와 같이 추가식 머시닝 기법들로부터 형성될 수도 있다. 형성된 후, 차압 센서 (413) 는 당업계에 독립적으로 공지된 기법들에 의해 플로우-센서 캐리어 (409) 에 압입되거나 (press-fit), 용접되거나, 화학적으로 접촉되거나, 달리 본당될 수도 있다.
- [0040] 특정한 예시적인 실시 예에서, 그리고 도시된 바와 같이, 제 1 인클로저 부분 (407L) 은 2 개의 단부들: 제 1 단부 (유체 유입구 (401) 포함) 및 플로우-센서 캐리어 (409) 를 수용하도록 구성된 제 2 단부를 갖는 유입구 튜브 구조체를 포함한다. 제 1 단부는 당업계에 공지된 바와 같이, 예를 들어 VCR[®] 금속-대-금속 시일 피치 내로 플레어되거나 (flare) 수형 (male) VCR[®] 튜브 스테브 상에 용접될 수도 있다. 다른 실시 예들에서, 제 1 단부는 예를 들어, VCO[®] O-링 페이스 시일 피팅 (face seal fitting) (VCR[®] 및 VCO[®] 시일 피팅들은 미국 오하이오주 솔론 소재의 Swagelok Company의 등록 상표들) 으로서 형성될 수도 있다. 당업자는 다른 타입들의 피팅들이 또한 사용될 수 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0041] 유입 튜브 구조체의 나머지 단부 (즉, 제 2 단부) 는 실질적으로 일 방향으로 (예를 들어, 양의 y-방향으로) 플레어될 수도 있다. 실질적으로 일-방향으로 플레어링 (flaring) 은 제 1 인클로저 부분 (407L) (예를 들어, 유입구 튜브) 의 하부 부분은 실질적으로 변형되지 않고, 제 2 인클로저 부분 (407R) (예를 들어, 유출구 튜브) 의 하부 부분은 실질적으로 변형되지 않음으로써, 계면 영역 (415) 에서의 타원형 단면 영역을 형성한다. 실질적으로 일-방향으로 플레어링은 도 4a에 도시된 바와 같이 제 1 인터페이스 피치 (421) 및 제 2 인터페이스 피치 (423) 를 생성한다.
- [0042] 이 특정한 예시적인 실시 예를 계속하면, 제 2 인클로저 부분 (407R) 은 제 1 인터페이스 피치 (421) 와 매이팅 하도록 (mate) 제 2 인터페이스 피치 (423) 를 형성하는, 유출구 튜브의 업스트림 부분 상의 플레어된 부분으로 시작하는 유출구 튜브를 포함한다. 유출구 튜브는 유출구 튜브를 예를 들어, 비례 밸브 블록 (미도시되지만 당업계에 공지됨) 에 연결하기 위한 커플링 피치로 유출구 튜브의 다운스트림 부분에서 종결된다. 유출구 튜브 또는 비례 밸브 블록의 유출구 단부는 예를 들어, VCR[®] 또는 VCO[®] 시일 피팅 피치로 종결된다. 이어서 플로우-센서 캐리어 (409) 는 인터페이스 피치들 (421, 423) 에서 유입구 튜브와 유출구 튜브 사이에 배치되거나, 형성되거나, 그렇지 않으면 피팅된다. 이어서 유입구 튜브 및 유출구 튜브는 (예를 들어, 오비탈-레이저 용접, 간섭 또는 압입, 화학적 접촉제들, 이들의 조합들, 또는 당업계에 공지된 다른 기법들에 의해) 서로 실질적으로 동일선 상에 있도록 계면 영역 (415) 에서 서로 접촉된다.
- [0043] 제 1 인클로저 부분 (407L), 제 2 인클로저 부분 (407R), 및 플로우-센서 캐리어 (409) 는 도 2를 참조하여 상기 기술된 하나 이상의 재료들 또는 기법들 중 임의의 것을 사용하여 구성될 수 있다. 대안적으로, 제 1 인클로저 부분 (407L) 및 제 2 인클로저 부분 (407R) 은 예를 들어, 스테인리스-스틸 튜빙, 구리 튜빙, 폴리머-기반 튜빙, 또는 다른 재료들을 포함하는 당업계에 공지된 다양한 타입들의 튜빙 재료들을 사용하여 구성될 수도 있다. 튜빙은 유체 플로우 고려 사항들 (예를 들어, 유체들의 부식성 특성뿐만 아니라 유체가 반송되는 압력들), 오염 고려 사항들, 및 당업계에 공지된 다른 고려 사항들에 적어도 부분적으로 기초하여 선택된다.
- [0044] 또 다른 특정한 예시적인 실시 예에서, 제 1 인클로저 부분 (407L) 및 제 2 인클로저 부분 (407R) 은 튜브 구조체들을 포함할 수 있다. 당업계에 공지된 바와 같이, 튜브 구조체들은 예를 들어, 그 자체로 유체 이송 동안

직면하는 동작 압력들을 단독으로 견디지 못할 수도 있는 박형-벽 튜브로부터 형성될 수 있다. 그러나, 튜브 구조체들은 튜브들이 동작 동안 변형되지 않는다는 것을 보장하기 위해 튜브 구조체들 각각의 외부의 몰드와 같은, 하나 이상의 구조적 컴포넌트들로 백업될 수 있다. 백업 컴포넌트들은 예를 들어, 섬유-강화 폴리머, 세라믹들, 폴리머들, 금속들, 또는 당업계에 공지된 다른 적합한 재료들을 포함할 수 있다. 부가적으로, 백업 컴포넌트들이 습윤되지 않기 때문에, 컴포넌트들은 제한되거나 순도 요건들을 갖지 않는다. 결과적으로, 구조체의 기능은 유체 순도를 유지하는 기능으로부터 분리된다. 박형-벽 튜브들은 화학 물질에 내성이 있는 것으로 공지된 재료들로부터 선택될 수 있고 입자 트랩들을 감소시키거나 제거하도록 형성될 수 있다. 또한, 당업계에 공지된 바와 같이, 하이드로포밍 (hydroforming), 공압 포밍, 또는 기계적 플레이어링과 같은 동작들이 튜브들을 형성하도록 사용될 수도 있다.

[0045] 유체 속도, 유체 밀도, 및 유체 동적 점도와 같은 인자들에 따라, 플로우-센서 캐리어 (409)의 업스트림 측면 (413A), 그리고 결과적으로 차압 센서 (413) 상의 속도 침해가 상당할 수도 있다. 또한, 플로우-센서 캐리어 (409)에 의해 생성된 항력 (drag force)은 또한 상당할 수도 있다. 따라서, 차압-기반 유량계 (400)는 차압-기반 유량계 (400) 내에서 반응되는 다양한 타입들의 유체 각각에 대해 캘리브레이팅되어야 할 수도 있다. 그러나, 도 4a의 차압-기반 유량계 (400)는 도 2 및 도 3a의 차압-기반 유량계들 (200, 300)보다 구성하는데 보다 비용이 덜 들 수도 있다.

[0046] 적어도 일부 양태들에서 도 4a 및 도 4b의 차압-기반 유량계 (400)와 유사하게, 도 4c는 개시된 주제에 따른 차압-기반 유량계 (430)의 또 다른 실시 예의 단면도를 도시한다.

[0047] 도 4c의 차압-기반 유량계 (430)는 유체 유입구 (431), 유체 유출구 (433), 업스트림 부분 플로우 경로 (435L), 다운스트림 부분 플로우 경로 (435R), 제 1 인클로저 부분 (437L), 제 2 인클로저 부분 (437R), 및 플로우 센서 캐리어 (439)를 포함하는 것으로 도시된다. 업스트림 부분 플로우 경로 (435L) 및 다운스트림 부분 플로우 경로 (435R)는 각각 플로우 센서 캐리어 (439)의 업스트림 및 다운스트림이다. 플로우-센서 캐리어 (439)는 업스트림 측면 (443A) 및 다운스트림 측면 (443B)을 갖는다.

[0048] 도 4d는 도 4c의 차압-기반 유량계 (430)의 실시 예와 함께 사용된 플로우-센서 캐리어 (439)의 상세들을 도시한다. 도 4c 및 도 4d를 동시에 참조하면, 플로우-센서 캐리어 (439)는 차압 센서 (443), 및 복수의 쓰루홀들 (441)을 포함하는 것으로 도시된다. 복수의 쓰루홀들 (441)은 유체가 업스트림 부분 플로우 경로 (435L)로부터 다운스트림 부분 플로우 경로 (435R)로 흐르게 하는 플로우-센서 캐리어 (439)를 통해 실질적으로 동일한 방향으로 형성된 오리피스들을 포함한다.

[0049] 개시된 주제를 읽고 이해하면, 당업자는 플로우-센서 캐리어 (439)내의 복수의 쓰루홀들 (441)중 단일 쓰루홀만이 필요하다는 것을 인식할 것이다. 또한, 숙련된 기술자는 도 4d에 도시된 수를 넘어서 추가적인 쓰루홀들이 사용될 수도 있다는 것을 인식할 것이다. 복수의 쓰루홀들 (441)뿐만 아니라 플로우-센서 캐리어 (439)는 다양한 재료들로 형성될 수도 있고 도 4a 및 도 4b를 참조하여 상기 기술된 바와 같이 다양한 형상들을 가질 수도 있다.

[0050] 도 4c의 차압-기반 유량계 (430)는 도 4c의 계면 영역 (445)이 도 4a의 계면 영역 (415)에서 실질적으로 타원형 단면 영역을 갖는 것과 비교하여 실질적으로 둥근 단면 영역을 갖도록, 도 4a의 차압-기반 유량계 (400)로부터 가변한다. 즉, 도 4c의 제 1 인터페이스 피처 (447) 및 제 2 인터페이스 피처 (449)는 실질적으로 3개의 방향들 (예를 들어, 양의 x, y, 및 z 방향들)으로 플레이될 수도 있다.

[0051] 일단 도 4c의 제 1 인터페이스 피처 (447) 및 제 2 인터페이스 피처 (449)가 플레이되면, 플로우-센서 캐리어 (439)는 이어서 인터페이스 피처들 (447, 449)에서 제 1 인클로저 부분 (437L)과 제 2 인클로저 부분 (437R) 사이에 배치되거나, 형성되거나, 그렇지 않으면 피팅된다. 이어서 제 1 인클로저 부분 (437L) 및 제 2 인클로저 부분 (437R)은 (예를 들어, 오비탈-레이저 용접, 간섭 또는 압입, 화학적 접착제들, 이들의 조합들, 또는 당업계에 공지된 다른 기법들에 의해) 서로 실질적으로 동일선 상에 있도록 계면 영역 (445)에서 서로 접촉된다.

[0052] 당업자가 인식할 수 있는 바와 같이, 본 명세서에 기술된 차압-기반 체적 유량계들의 다양한 실시 예들 각각은 부가적인 컴포넌트들을 부가함으로써 질량-유량계들 또는 질량-유량 제어기들로 형성될 수도 있다. 당업계에 공지된 바와 같이, 질량-유량 제어기는 미리 결정된 설정점의 형태의 전기 신호로서 전송된 설정된 플로우 레이트에 따라 유체의 플로우 레이트를 자동으로 제어하도록 구성된다. 특히 유체가 가스인 경우, 질량-유동 제어기는 온도 변화들 또는 다른 인자들에 기인한 가스 압력의 변화들에 실질적으로 영향을 받지 않고, 이들 인자들

이 별도로 측정되고 고려될 수 있기 때문이다. 예를 들어, 상기 기술된 다양한 체적-유량계들에 더하여, 질량-유량 제어기는 또한 제어 밸브, 밸브 액추에이터, 및 체적-유량계에 모두 커플링된 제어기를 포함한다. 개시된 주제를 읽고 이해하면, 당업자는 어떤 컴포넌트들이 필요한지 및 다양한 타입들의 질량-유량계들을 형성하기 위해 본 명세서에 기술된 다양한 체적-유량계들에 이들 컴포넌트들을 커플링하는 방법을 용이하게 인식할 것이다.

[0053] 전반적으로, 본 명세서에 포함된 개시된 주제는 반도체 제조 환경 (fab) 에서 "툴들"의 동작들의 일부들로 동작 가능하고 제어하도록 사용될 수 있는 유량계 컴포넌트들을 기술하거나 대체로 관련된다. 이러한 툴들은 (ALD (Atomic Layer Deposition), CVD (Chemical Vapor Deposition), PECVD (Plasma-Enhanced CVD), 등과 같은 플라즈마-기반 툴들을 포함하는) 다양한 타입들의 증착 및 에칭 툴들 (예를 들어, RIE (Reactive-Ion Etching) 툴들), 뿐만 아니라 다양한 타입들의 열적 퍼니스들 (furnaces) (예를 들어, 예컨대 급속 열 어닐링 및 산화), 이온 주입, 및 다양한 다양한 공장들에서 발견되고 당업자에게 공지된 다른 프로세스들 및 계측 툴들을 포함할 수 있다. 그러나, 개시된 주제는 반도체 환경들로 제한되지 않고 로봇 어셈블리에서 유체 제어 동작들, (예를 들어, PVD (physical vapor deposition) 툴들을 사용하는 동작들을 포함하여) 제작, 머시닝 환경들뿐만 아니라 다양한 다른 환경들과 같은, 다수의 머신-툴 환경들에서 사용될 수 있다. 본 명세서에 제공된 개시를 읽고 이해하면, 당업자는 개시된 주제의 다양한 실시 예들이 다른 타입들의 프로세스 및 매우 다양한 툴들 및 컴포넌트들과 함께 사용될 수도 있다는 것을 인식할 것이다.

[0054] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 “또는”은 포괄적이거나 배타적인 의미로 해석될 수도 있다. 또한, 다른 실시 예들은 제공된 개시를 읽고 이해하면 당업자에 의해 이해될 것이다. 또한, 본 명세서에 제공된 개시를 읽고 이해하면, 당업자는 본 명세서에 제공된 기법들 및 예들의 다양한 구성들이 모두 다양한 조합들에서 적용될 수도 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다.

[0055] 다양한 실시 예들이 개별적으로 논의되었지만, 이들 개별적인 실시 예들은 독립적인 기법들 또는 설계들로 고려되도록 의도되지 않았다. 상기 나타낸 바와 같이, 다양한 부분들 각각은 상호 연관될 수도 있고, 각각은 개별적으로 또는 본 명세서에 논의된 다른 실시 예들과 조합하여 사용될 수도 있다. 예를 들어, 방법들, 동작들, 및 프로세스들의 다양한 실시 예들이 기술되었지만, 이들 방법들, 동작들, 및 프로세스들은 다양한 조합들로 또는 개별적으로 사용될 수도 있다.

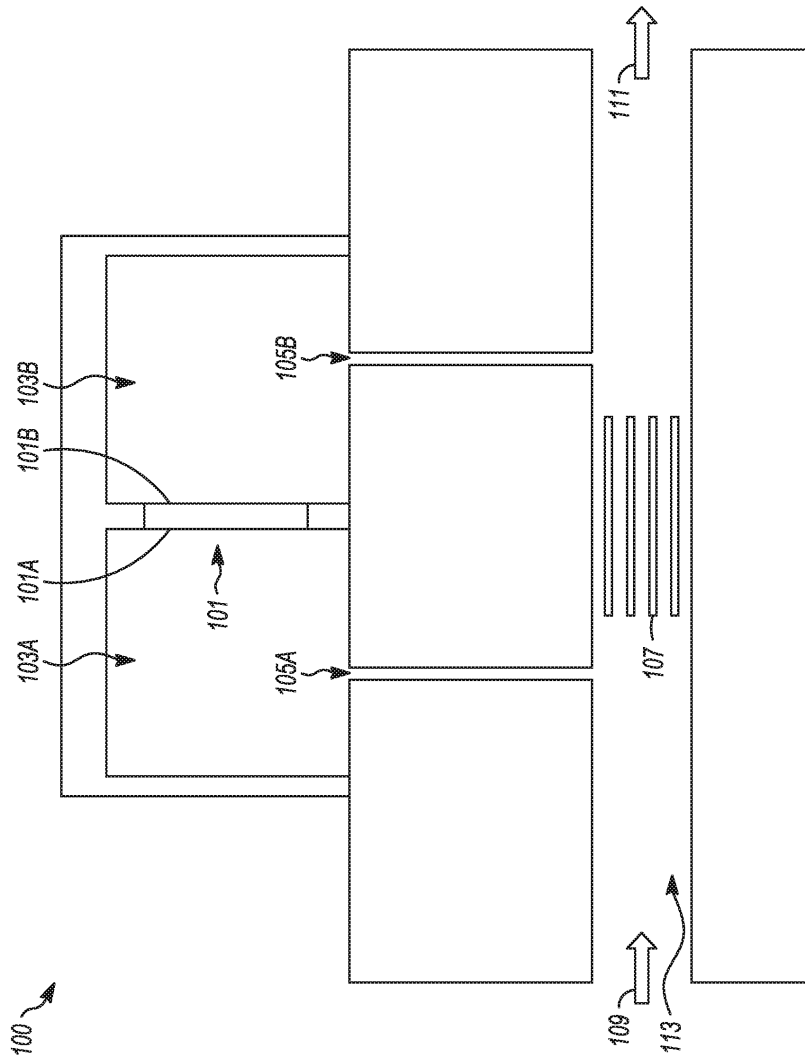
[0056] 결과적으로, 본 명세서에 제공된 개시를 읽고 이해하면 당업자에게 명백할 바와 같이, 많은 수정들 및 변동들이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시 예들 각각은 단일 차압 센서를 사용하는 것으로 도시되고 기술된다. 그러나, 개시된 주제를 읽고 이해하면, 당업자는 예를 들어, 각각의 유량계들을 통해 이송될 것으로 예상되는 유체의 점도에 따라 2 이상의 차압 센서들이 실시 예들 각각에서 사용될 수도 있다는 것을 인식할 것이다. 또한, 하나 이상의 플로우 제한기 엘리먼트들은 다양한 차압 센서들에 의해 측정된 차압 강하를 증가시키기 위해 본 명세서에 기술된 다양한 실시 예들 각각과 함께 사용될 수도 있다. 저 유체 플로우 레이트들 (예를 들어, 1 sccm 미만) 이 측정될 때 보다 높은 압력-강하가 사용될 수 있고; 보다 높은 압력-강하는 저 유량들에서 유량계의 정확도를 상승시킨다.

[0057] 또한, 본 명세서에 열거된 것들에 더하여, 본 개시의 범위 내의 기능적으로 동등한 방법들 및 디바이스들은 전술한 기술들로부터 당업자에게 자명할 것이다. 일부 실시 예들의 부분들 및 특징들, 재료들, 및 구성 기법들은 다른 실시 예들에 포함될 수도 있고, 또는 이들을 대체할 수도 있다. 이러한 수정들 및 변동들은 첨부한 청구항들의 범위 내에 속하도록 의도된다. 따라서, 본 개시는, 첨부된 청구항들에 의해 권리가 부여되는 등가물들의 전체 범위와 함께, 이러한 청구항들의 조건들에 의해서만 제한된다. 본 명세서에 사용된 용어는 특정한 실시 예들만을 기술할 목적을 위한 것이고, 제한하는 것으로 의도되지 않았다는 것이 또한 이해된다.

[0058] 본 개시의 요약은 독자로 하여금 기술적 개시의 본질을 신속하게 규명하게 하도록 제공된다. 요약은 청구항들을 해석하거나 제한하도록 사용되지 않을 것이라는 이해와 함께 제출되었다. 또한, 전술한 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에서, 다양한 특징들이 본 개시를 간소화할 목적을 위해 단일 실시 예에서 함께 그룹화될 수도 있다는 것을 알 수도 있다. 개시의 이 방법은 청구항들을 제한하는 것으로 해석되지 않는다. 따라서, 이하의 청구항들은 본 명세서에서 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 통합되고, 청구항 각각은 개별적인 실시 예로서 독립된다.

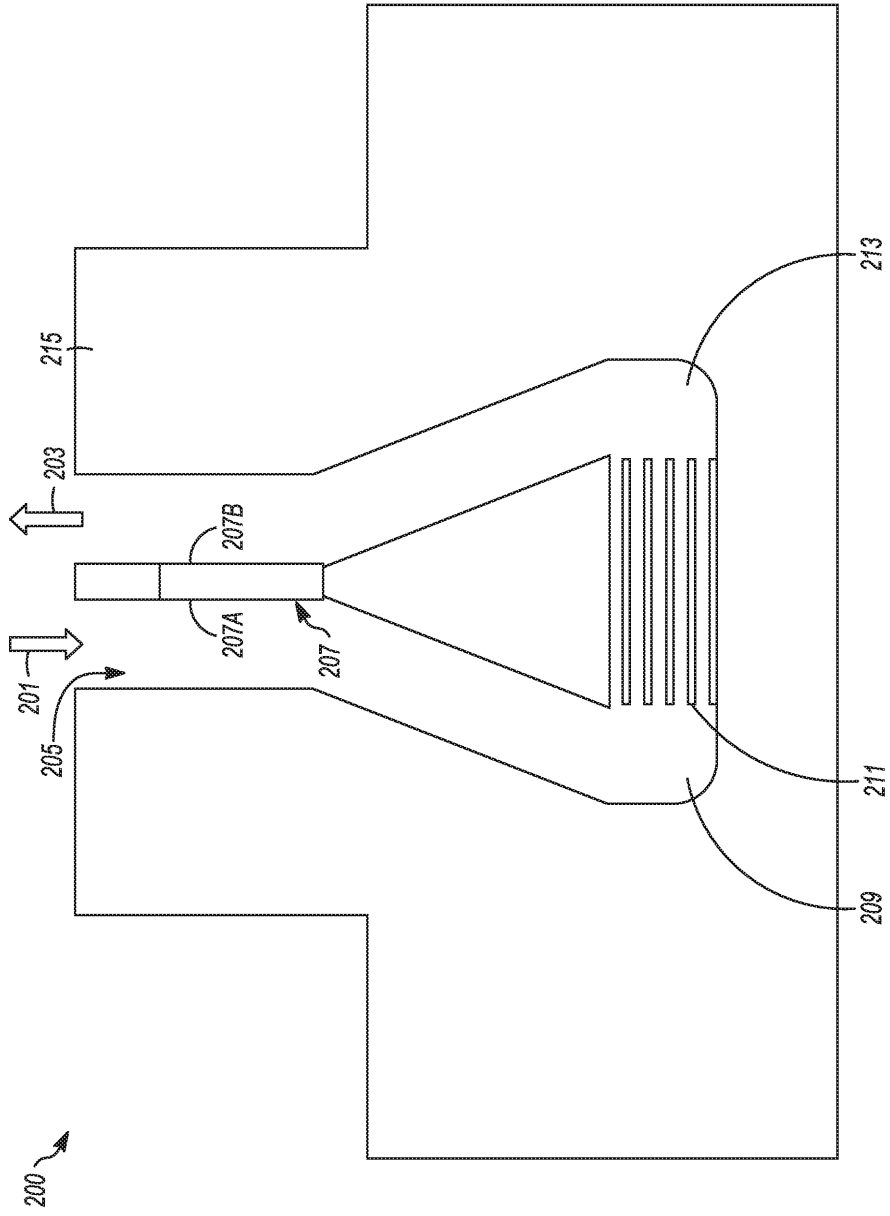
도면

도면1

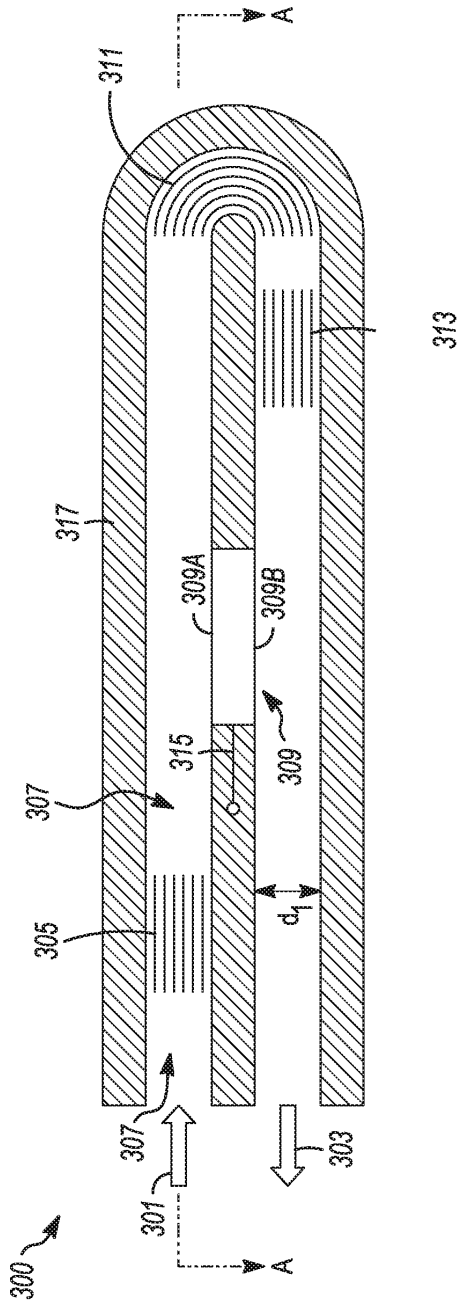


(중래 기술)

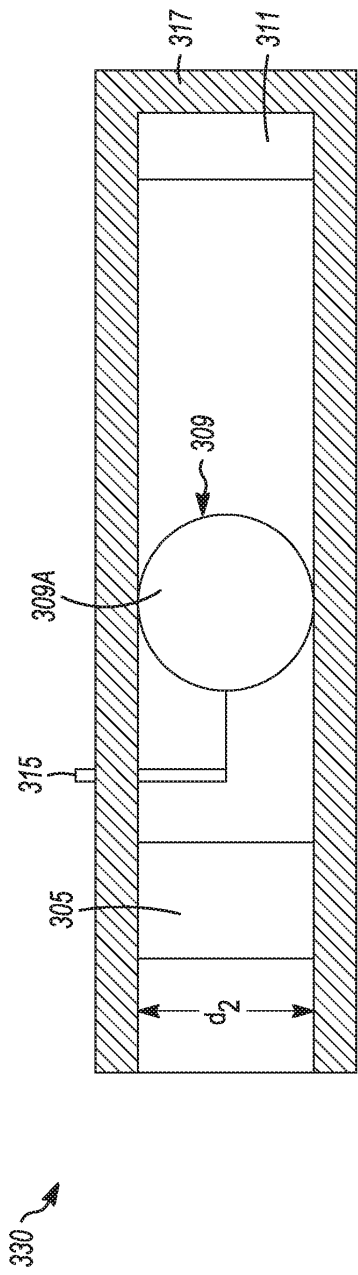
도면2



도면3a

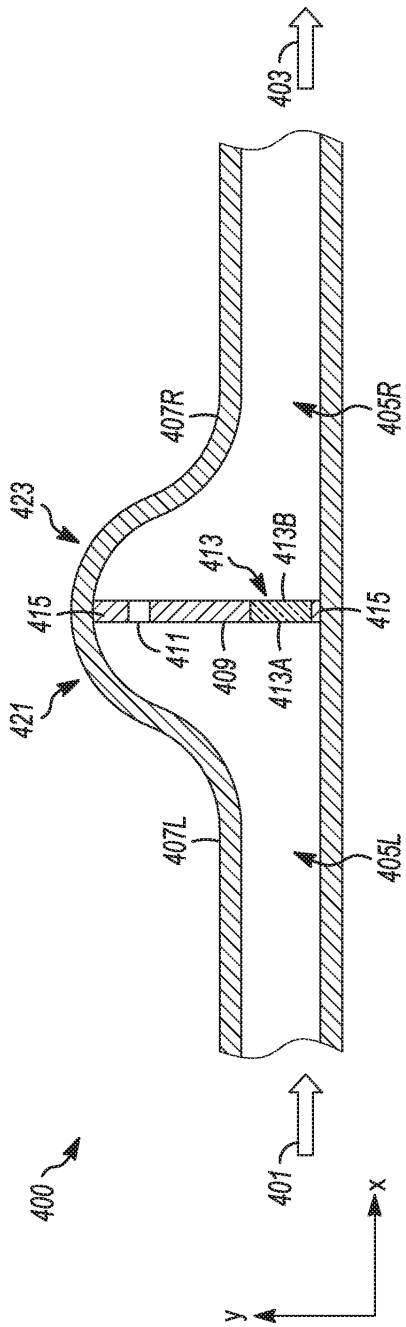


도면3b

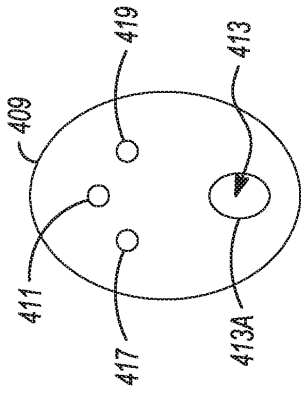


A-A 절단도

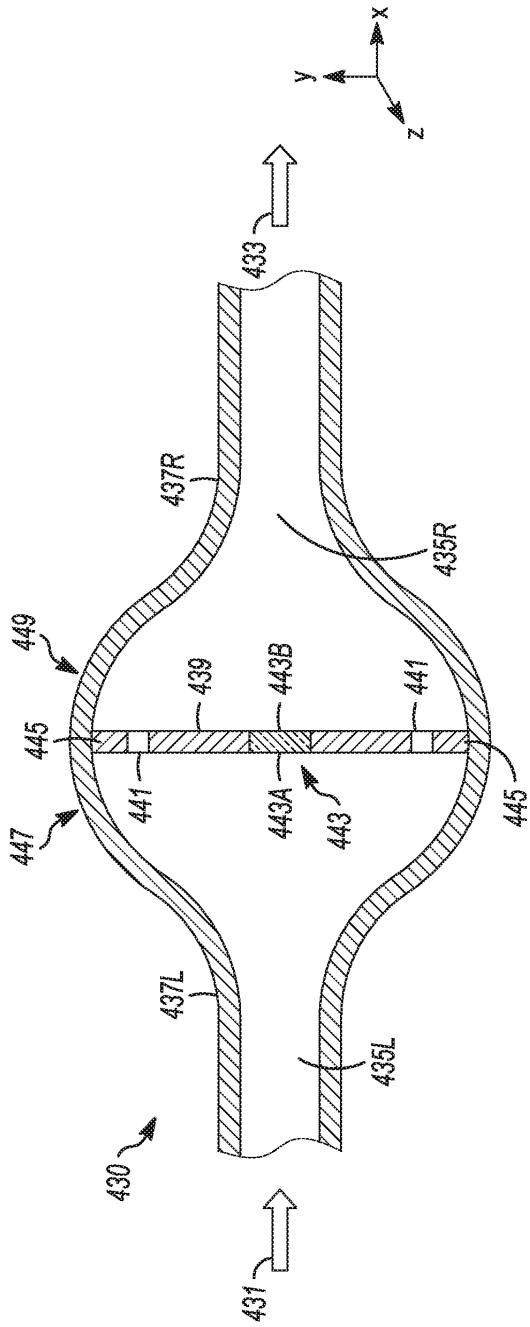
도면4a



도면4b



도면4c



도면4d

