I853880

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I853880 B**

(45)公告日： 中華民國 113 (2024) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：109102156 (22)申請日： 中華民國 109 (2020) 年 01 月 21 日

(51)Int. Cl.： ***G01F1/42 (2006.01)***

(30)優先權：2019/01/25 美國 62/796,969

(71)申請人：美商蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：斯圖姆夫 約翰 福爾登 STUMPF, JOHN FOLDEN (US)；李瑟 卡爾 費德瑞克 LEESER, KARL FREDERICK (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW	200632287A	CN	108872019A
JP	2003-526097A	US	4249164A
US	2003/0136196A1	US	2004/0177703A1
US	2017/0010625A1		

審查人員：張耕誌

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：4 共 33 頁

(54)名稱

基於壓差的流量計

(57)摘要

各種實施例包括設備以及形成設備的方法。在一實施例中，該設備係流量計，該流量計具有用於將流體沿著流動路徑運輸的入口與出口部分。流量限制器元件係形成在流動路徑內以對流體給予壓降。流量感測器具有第一表面以及在流量感測器相對於該第一表面之一部份上的第二表面，流量感測器之第一表面係與在流量限制器元件的上游流動之流體直接流體連通，第二表面係與在流量限制器元件的下游流動之流體直接流體連通。流量感測器感測由至少一流量限制器元件而在流體中所引起的壓差。還揭露其他的設備與系統。

Various embodiments include apparatuses and methods to form the apparatus. In one embodiment, the apparatus is a flow meter having inlet and outlet portions for transporting a fluid along a flow path. A flow-restrictor element is formed within the flow path to impart a pressure drop to the fluid. A flow sensor has a first surface of the flow sensor in direct fluid communication with fluid flowing upstream of the flow-restrictor element and a second surface, on a portion of the flow sensor opposite to the first surface, in direct fluid communication with fluid flowing downstream of the flow-restrictor element. The flow sensor senses a differential pressure in the fluid due to the at least one flow-restrictor element. Other apparatuses and systems are disclosed.

指定代表圖：

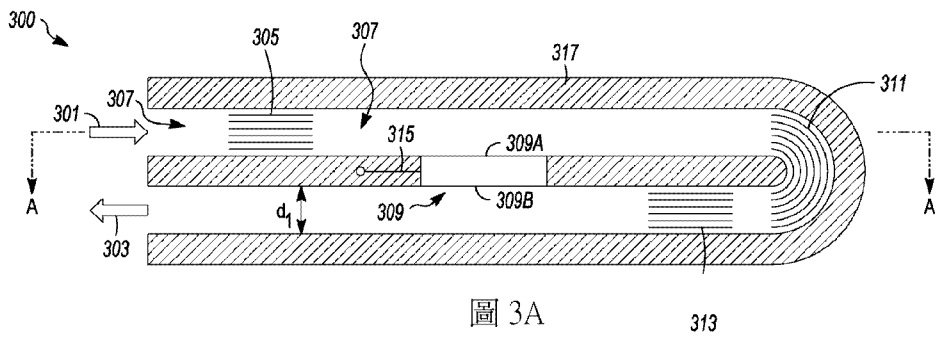


圖 3A

符號簡單說明：

300:基於壓差的流量計

301:流體入口

303:流體出口

305:第一層流元件

307:流動路徑

309:流量感測器

309A:第一側

309B:第二側

311:流量限制器元件

313:第二層流元件

315:感測器線材

317:流量計本體

d1:直徑

公告本

I853880

【發明摘要】

【中文發明名稱】基於壓差的流量計

【英文發明名稱】DIFFERENTIAL-PRESSURE-BASED FLOW METERS

【中文】

各種實施例包括設備以及形成設備的方法。在一實施例中，該設備係流量計，該流量計具有用於將流體沿著流動路徑運輸的入口與出口部分。流量限制器元件係形成在流動路徑內以對流體給予壓降。流量感測器具有第一表面以及在流量感測器相對於該第一表面之一部份上的第二表面，流量感測器之第一表面係與在流量限制器元件的上游流動之流體直接流體連通，第二表面係與在流量限制器元件的下游流動之流體直接流體連通。流量感測器感測由至少一流量限制器元件而在流體中所引起的壓差。還揭露其他的設備與系統。

【英文】

Various embodiments include apparatuses and methods to form the apparatus. In one embodiment, the apparatus is a flow meter having inlet and outlet portions for transporting a fluid along a flow path. A flow-restrictor element is formed within the flow path to impart a pressure drop to the fluid. A flow sensor has a first surface of the flow sensor in direct fluid communication with fluid flowing upstream of the flow-restrictor element and a second surface, on a portion of the flow sensor opposite to the first surface, in direct fluid communication with fluid flowing downstream of the flow-restrictor element. The flow sensor senses a differential pressure in the fluid due to the at least one flow-restrictor element. Other apparatuses and systems are disclosed.

【指定代表圖】圖 3A

【代表圖之符號簡單說明】

300: 基於壓差的流量計

301: 流體入口

303: 流體出口

305: 第一層流元件

307: 流動路徑

309: 流量感測器

309A: 第一側

309B: 第二側

311: 流量限制器元件

313: 第二層流元件

315: 感測器線材

317: 流量計本體

d1: 直徑

【發明說明書】

【中文發明名稱】基於壓差的流量計

【英文發明名稱】DIFFERENTIAL-PRESSURE-BASED FLOW METERS

【技術領域】

【0001】 本文所揭露之標的係關於半導體及相關工業中所使用的各種類型之設施。更具體而言，所揭露之標的係關於確認流體之體積流量（volumetric-flow）或流體之質量流量（mass-flow）的設備，以上兩者皆係基於壓差感測器（differential-pressure sensor）。

[相關申請案的交互參照]

【0002】 本申請案是主張於 2019 年 1 月 25 日提交，且標題為「DIFFERENTIAL-PRESSURE-BASED FLOW METERS」之美國專利申請案第 62/796,969 號的優先權，其所有內容皆在此以參照的方法引入。

【先前技術】

【0003】 在許多工業製程中需要對各種處理流體進行準確且精確的測量與控制。某些步驟，例如不可壓縮流體（例如，液體）的測量，可能僅需要體積流量的測量（例如，以每分鐘公升（liters per minute, lpm）、標準狀態下每分鐘立方公分（standard cubic centimeters per minute, sccm）、或每秒立方公尺（cubic meters per second, m^3/s）來進行量測）。然而，其他步驟，例如可壓縮流體（例如，氣體）的測量，時常需要質量流量的測量（例如，每分鐘毫克（milligrams per minute, mg/m）、或每秒千克（kilograms per second, kg/s））。因此，對於可壓

縮流體而言，流體之體積質量密度（volumetric mass-density, 本文中亦簡稱為質量密度）的討論可被視為絕對壓力與溫度的函數。舉例來說，在半導體及相關工業中，質量流量計與質量流量控制器係使用以準確且精確地測量並控制處理流體的質量，該處理流體係被輸入至處理腔室中。多種技術可測量這些裝置中的流量，包括熱裝置、超音波飛行時間裝置（ultrasonic time-of-flight devices）、科氏裝置（Coriolis devices）、以及基於壓力的裝置。

【0004】 基於壓力的流量計係使用限定之流量限制以產生壓降，該壓降響應於待測量的流量。若將基於壓力的流量計配置成質量流量計或質量流量控制器，則該流量計亦使用溫度、所得之壓降、以及絕對壓力（對於可壓縮流體）的測量值，結合流體特性與流量限制的知識以計算出質量流量。

【0005】 請參照圖 1，其顯示出習知技術中基於壓差的流量計 100 之橫剖面圖。基於壓差的流量計 100 包括用於使流體在流動路徑 113 中流動的流體入口 109 與流體出口 111、以及限制器元件 107。第一腔體 103A 與第二腔體 103B 係分別藉由第一壓力埠 105A 與第二壓力埠 105B 而耦接至流動路徑 113。第一腔體 103A 係與壓差感測器 101 的第一側 101A 流體-壓力連通（in fluid-pressure communication with），而第二腔體 103B 係與壓差感測器 101 的第二側 101B 流體-壓力連通。當流體流入流動路徑 113 中時，限制器元件 107 使得流體壓力在限制器元件 107 之上游側（位在流體入口 109 的一側）大於下游側（位在流體出口的一側）的壓力。因此，較高的流體壓力（在限制器元件 107 的上游側上）係通過第一壓力埠 105A 而連通至第一腔體 103A。相似地，較低的壓力（在限制器元件 107 的下游側上）係通過第二壓力埠 105B 而連通至第二腔體 103B。因此，壓差感測器 101 的第一側 101A 比壓差感測器 101 的第二側 101B 承受更大的壓

力。儘管腔體 103A、103B 係藉由壓力埠 105A、105B 而耦接至流動路徑，但是該等腔體並非係直接耦接至在流動路徑 113 中流動的流體。因此，腔體 103A、103B 承受限制器元件 107 兩側的壓力變化。

【0006】 本領域中具有通常知識者可理解壓差感測器 101 的操作。然而，一般而言，壓差感測器 101 可以被視為可撓性隔膜的一種。當壓差感測器 101 之第一側 101A 上的壓力大於壓差感測器 101 之第二側 101B 上的壓力時，壓差感測器 101 會撓曲或彎曲。該撓曲會產生與兩壓力之差值成比例的電性信號。因此，壓差感測器 101 可以根據所產生的電性信號而對流體的流量進行校正。

【0007】 然而，基於壓差的流量計 100 的重大疑慮在於第一腔體 103A 與第二腔體 103B 各自包括「呆體積（dead volume）」，而該呆體積在基於壓差的流量計 100 的操作期間並不會被沖洗。因此，各種類型的汙染物可能被困在腔體 103A、103B 的任一者中，並可能會被釋放到在流動路徑 113 中流動的流體內。在基於壓差的流量計 100 使用於半導體製程操作的情況下，所述汙染物可能會在製造出的一或更多積體電路中產生缺陷。此種缺陷可造成一或更多積體電路無法操作，並可為製造積體電路的公司造成龐大的收入損失。

【0008】 因此，在本文所述的各種實施例中，所揭露之標的揭露各種類型之基於壓差的流量計，而該基於壓差的流量計係不具有任何呆體積。

【0009】 在本節中所描述的資訊係為了向本領域中具有通常知識者提供以下所揭露標的的前後關係，而不應被視為公認的習知技術。

【發明內容】

【0010】 在一示例性實施例中，所揭露之標的描述包括流動路徑的流量計，該流動路徑具有配置以運輸流體的入口部分與出口部分。流量計更包括至少一流量限制器元件，該至少一流量限制器元件係位於流動路徑中，且配置在入口部分與出口部分之間以向流體給予壓降。流量感測器係配置在流動路徑的入口部分與出口部分之間。流量感測器的第一表面係配置成與在流量限制器元件的上游流動之流體直接流體連通。第二表面（位於流量感測器相對於第一表面的部分上）係配置成與在流量限制器元件的下游流動之流體直接流體連通，伴隨流量感測器係配置以感測由於流量限制器元件而在流體中所引起的壓差。

【0011】 在另一示例性實施例中，所揭露之標的包括流量計，該流量計包括流動路徑且所述流動路徑具有入口部分與出口部分且係配置以運輸流體，伴隨該流動路徑具有形成在其中的單一彎部（bend）。至少一流量限制器元件係位於流動路徑中，且配置在入口部分與出口部分之間以向流體給予壓降。至少一流量感測器係具有第一表面以及相對於第一表面的第二表面。該第一表面係與在流量限制器元件的上游流動之流體直接流體連通。該第二表面係與在流量限制器元件的下游流動之流體直接流體連通。該流量感測器係配置以感測由於流量限制器元件而在流體中所引起的壓差。

【0012】 在另一示例性實施例中，所揭露之標的包括上游部分流動路徑與下游部分流動路徑以運輸流體。上游部分流動路徑與下游部分流動路徑實質上係彼此共線（colinear）。流量感測器載體係橫向於所運輸流體的方向配置，並且配置於上游部分流動路徑與下游部分流動路徑之間。至少一孔口係在實質上與流體方向相同的方向中形成通過流量感測器載體。該至少一孔口係為了在上游部分流動路徑與下游部分流動路徑之間提供壓降。流量感測器形成在流量感測器載體中，且流量感測器具有第一表面以及相對於第一表面的第二表面。第一表面係配置成與在流量感測器載體的上游流動之流體直接流體連通，而第二表面係配置成

與在流量感測器載體的下游流動之流體直接連通。該流量感測器係配置以感測由於至少一孔口而在流體中所產生的壓差。

【圖式簡單說明】

【0013】 圖 1 顯示習知技術中基於壓差的流量計之橫剖面圖；

【0014】 圖 2 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計之一實施例之橫剖面圖；

【0015】 圖 3A 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計之另一實施例之橫剖面圖；

【0016】 圖 3B 顯示圖 3A 中基於壓差的流量計之實施例之剖面圖；

【0017】 圖 4A 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計之另一實施例之橫剖面圖；

【0018】 圖 4B 顯示與圖 4A 中基於壓差的流量計之實施例所共同使用的流量感測器載體之詳圖；

【0019】 圖 4C 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計之另一實施例之橫剖面圖；及

【0020】 圖 4D 顯示與圖 4C 中基於壓差的流量計之實施例所共同使用的流量感測器載體之詳圖。

【實施方式】

【0021】 所揭露之標的現將透過參照一些如各附圖中所繪示之一般性與特定實施例來進行詳細描述。在以下描述中，許多具體細節係闡述以提供對所揭露之標的的透徹理解。然而，對本領域中具有通常知識者而言顯而易見的是，所

揭露之標的可在不具有某些或所有這些具體細節的情況下實行。在其他情況下，並未詳細描述習知的製程步驟、構造技術、或結構以避免模糊所揭露之標的。

【0022】 在所描述的各實施例中，各種基於壓差的流量計可被視為是體積流量計。然而，在閱讀並理解所揭露之標的後，本領域中具有通常知識者將意識到如何將所揭露體積流量計的各種實施例中之每一者轉換成為質量流量計或質量流量控制器。此種技術亦將於以下進行更詳細的描述。

【0023】 請參照圖 2，其顯示出根據所揭露之標的中基於壓差的流量計 200 之一實施例之橫剖面圖。基於壓差的流量計 200 係顯示為包括用於使流體在流動路徑 205 中流動的流體入口 201 與流體出口 203。圖 2 亦顯示出包括具有第一側 207A 與第二側 207B 的流量感測器 207、以及流量限制器元件 211、與流量計本體 215。由於在流動路徑 205 中流動的流體係與流量感測器 207 直接液壓或氣動連通，因此不需要圖 1 中的第一與第二壓力埠 105A 、105B，以如習知技術中基於壓差之流動所需而將壓力傳遞至第一與第二腔體 103A、103B。因此，由於所揭露之標的的各實施例並不需要壓力埠 105A、105B 以及腔體 103A、103B，於是不存在呆體積以捕獲並隨後可能釋放出任何汙染物。此外，由於流動路徑係連續的，因此在進行操作時基於壓差的流量計 200 係被連續地沖洗。

【0024】 流量限制器元件 211 係位於流動路徑 205 中之第一彎部 209 與流動路徑 205 中之第二彎部 213 之間。第一與第二彎部 209、213 允許在流動路徑 205 中流動的流體能夠流過流量感測器 207 的相對側（即，第一側 207A 與第二側 207B）。流量限制器元件 211 可包括任何類型的流量限制裝置，使得流動路徑 205 中流動的流體在流量限制器元件 211 之上游比在流量限制器元件 211 之下游具有較高的壓力。（在某些實施例中，基於壓差的流量計 200 之設計係為雙向。因此，在流量感測器 207 的相對側上之壓力差可係為相反）。此種流量限制裝置可包括例如以機械加工或其他方法形成在板體中的孔口、或是層流元件，其中該

板體係設置為橫越流動路徑 205。在其他實施例中，流量限制器元件 211 可包括具有減少橫剖面積的流動路徑 205 區域，以增加在減少面積之流動路徑的上游所流動的流體壓力。而此種裝置與技術係在本領域中習知的。

【0025】 在一實施例中，流量感測器 207 包括感測壓力差值的壓差感測器， 該壓力差值係承受為流量感測器 207 的第一側 207A 與第二側 207B 上流體壓力之間的壓力差值。在此實施例中，流量感測器 207 可視為係可撓性隔膜的一種。

【0026】 如本領域中具有通常知識者所知，壓差感測器能夠比本領域中習知的其他流量感測器測量更大範圍的流體流量。可偵測的該流體流量範圍稱為「調節比（turndown ratio）」。調節比亦被稱為「可調範圍（rangeability）」，並指出流量計能夠準確地測量流體流量的範圍。因此，調節比顯現出測量範圍的高端（high end）與測量範圍的低端（low end），並且表示為該高端與該低端之間的比例。對於本文所揭露之流量計之各種實施例中每一者而言，調節比可至少係約 100：1 或更大。

【0027】 在各種實施例中且如圖 2 中所示之，流量感測器 207 係配置以測量流體的流量，該流體係在流量感測器 207 之相對側上以彼此相差約 180°的方向中流動（即，流量感測器 207 之相對側上的入口與出口流動係實質上彼此平行但方向相反）。然而，並不要求流體入口 201 與流體出口 203 處的流體實質上彼此平行地流動。亦即，從流體入口 201 流出的流體並不需要在近乎相反的方向上朝向流體出口 203 流動。流體入口 201 與流體出口 203 可例如以相差大約 0°至大約 45°的角度而進行配置。在其他實施例中，流體入口 201 與流體出口 203 可例如以相差大約 45°至大約 60°的角度而進行配置。在又其他實施例中，流體入口 201 與流體出口 203 可例如以相差大約 60°至大約 90°、或更大的角度而進行配置。因此，在期望靠近流量感測器的流體係以層流狀態（laminar-flow regime）下流動

的實施例中，流體入口 201 與流體出口 203 可透過各種角度進行配置並將被視為落入所揭露之標的的範圍內。

【0028】 舉例來說，上述流體入口 201 與流體出口 203 的各種方向情境之每一者皆可在流量感測器 207 之相對側上、在流動路徑的一部份中（其靠近流量感測器 207）以彼此大約 180°的方向中流動。然而，在流量感測器 207 的遠側（例如，如下方所更詳細描述之，位於流量感測器 207 上游和下游的適當距離處以滿足流量感測器 207 附近的層流狀態），流動路徑能夠配置成如上所述的任何彼此之相對角度，以便於將耦接器或配件放置在基於壓差的流量計 200 上。

【0029】 請繼續參照圖 2，第一彎部 209 與第二彎部 213 係位在流量限制器元件 211 的相對側上。然而，對於基於壓差的流量計 200 的一個給定實行例而言，若期望流體流係處於層流狀態，則第一彎部 209 與第二彎部 213 中的至少一者可各自分別位於流量限制器元件 211 的上游與下游之至少 5 到 7 個直徑處（基於內部尺寸且假設流動路徑的橫剖面係為圓形）。替代性地，或除了至少 5 至 7 個直徑的增長路徑長度之外，還可在流動路徑 205 內使用本領域中習知的各種流動整直器裝置（flow-straightener devices）。根據流體力學的基本原理，本領域中具有通常知識者將意識到如何配置與設置流動路徑 205 的尺寸以滿足流體的層流。舉例來說，若流動路徑 205 不具有圓形的橫剖面，則另一相關的內部特徵線性尺寸（例如，在流動路徑具有矩形橫剖面之情況下的水力直徑、彎部 209、213 上游與下游的通道長度）可被選擇以恢復層流。根據閱讀並理解所揭露之標的，本領域中具有通常知識者將意識到如何決定流動路徑的長度（例如，在彎部之前或之後），以針對給定的流體流量、流體密度、以及流體的動態黏度而產生層流。

【0030】 作為提供流體層流的替代方案，以及在其他實施例中，流量感測器 207 可針對擾流（turbulent-flow）或過渡流（transitional-flow）的狀態來進行

校正，其中擾流或過渡流狀態在流量的變化中係相當一致。流量的可容許變化可針對給定流體及所關注的流量而憑經驗地決定之，或是可使用本領域習知的計算流體力學（computational fluid dynamic, CFD）分析來預先確定。舉例來說，本領域中具有通常知識者可決定若流量變化不超過例如標稱流量（nominal flow rate）的± 10%，則擾流流量可位於預定的公差內。而此種校正技術在相關領域中係為習知。

【0031】 總體而言，基於壓差的流量計 200 可藉由本領域中習知的眾多方法來建構。舉例來說，在各種實施例中基於壓差的流量計 200 可由一或更多材料的疊片所建構，其中每一疊片在最終組裝之前係至少部分地以機械加工或其他方式所形成（例如，模製）。在特定的示例性實施例中，第一疊層部分可從 316L 不銹鋼進行加工。實質上鏡像於第一疊層部分的第二疊層部分亦同樣地進行加工。接著，將流量感測器 207 與流量限制器元件 211 放置並附接（例如，焊接、化學附著、或其他種結合）至疊層部分的其中一者中。而兩疊層部分則接著被焊接或結合在一起。

【0032】 在其他實施例中，流量計本體 215 可具有鑄造、模製、燒結、或以其他方式形成並結合在一起的部分。在又其他實施例中，流量計本體可部分地或完全地使用積層製造（additive-manufacturing）技術（例如，從三維列印機進行列印）來製造。而此種技術與其他者在本領域中係為習知。

【0033】 流量計本體 215 可從本領域中習知的多種材料中之一或更多者所形成。舉例來說，若基於壓差的流量計 200 係期望以承載苛性或腐蝕性的流體，則各種類型的陶瓷材料（例如，氧化鋁 Al_2O_3、二氧化鋯 ZrO_2、或氧化鈹 BeO）、或不鏽鋼（例如，304 型、或 316L 型）可選擇用於形成流量計本體 215 的至少一部分。在其他應用中，可選擇各種類型的可機械加工和/或可成形之聚合物以及高性能塑膠以形成流量計本體 215 的至少一部分。

【0034】 圖 3A 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計 300 之另一實施例之橫剖面圖。當用於測量層流狀態下流體的流動時，長的流動路徑減少或消除流體黏性衝擊在流量感測器 309 的面上的可能性，因而減少或消除由於過渡流或擾流引起的測量誤差。然而，如下方所更詳細討論之，基於壓差的流量計 300 亦可被校正以使用於過渡流狀態與擾流狀態中。

【0035】 圖 3A 中的基於壓差的流量計 300 係顯示為包括用於使流體在流動路徑 307 中流動的流體入口 301 與流體出口 303。圖 3A 係顯示為包括具有第一側 309A 與第二側 309B 的流量感測器 309、以及將流量感測器 309 耦接至外部裝置的感測器線材 315，該外部裝置例如係流量控制器或微型處理器（未繪示）。圖 3A 亦顯示為包括第一層流元件 305、第二層流元件 313、流量限制器元件 311、以及流量計本體 317。

【0036】 在各種實施例中，第一層流元件 305 與第二層流元件 313 的其中至少一者係為可選擇的。層流元件 305、313 是否為可選擇的係至少部分取決於流量感測器 309 是否被配置以測量流體在層流狀態、過度流狀態、或擾流狀態中的流量，如參照圖 2 中基於壓差的流量計 200 而在上方所討論之。

【0037】 關於層流元件 305、313 是否為可選擇的另一個考量係至少部分取決於流量感測器 309 的第一側 309A 相較於流體入口 301 之物理位置（距離）、以及流量感測器 309 的第二側 309B 相較於流量限制器元件 311 的物理位置（距離）。舉例來說，基於壓差的流量計 300 可被建構成使得流量感測器 309 係遠離流體入口 301 足夠的距離，或是將流體輸送至基於壓差的流量計 300 的管體、通道或其他管路之組合係足夠長，以致於至少在流體即將通過流量感測器 309 位於第一側 309A 上的上游邊緣之前，使流體的第一速度剖面（first velocity profile）處於層流狀態中。此種確認與計算係本領域中具有通常知識者所熟知的。相似

地，可建構從流量限制器元件 311 之下游側到流量感測器 309 位於第二側 309B 上的上游邊緣之物理距離，使得流體的第二速度剖面處於層流狀態中。

【0038】 因此，一或更多層流元件 305、313 可使用於基於壓差的流量計 300 中。舉例來說，對於基於壓差的流量計 300 的各種實施例與配置而言，可使用多於兩個的層流元件（僅繪示兩個）。此外，多於一個的流量限制器元件 311（僅繪示一個）可被使用於某些類型的流體或某些範圍的流量。例如，當測量低的流量時，可使用多於一個的流量限制器元件 311 以增加壓力差，其中流量感測器 309 係選擇為壓差感測器。

【0039】 如同圖 2 中的基於壓差的流量計 200，由於在流動路徑 205 中流動的流體係與壓力感測器直接液壓或氣動連通，因此不需要第一與第二壓力埠 105A、105B，以如圖 1 的習知技術中基於壓差的流量計所需而將壓力傳遞至第一與第二腔體 103A、103B。因此，由於所揭露之標的的各種實施例並不需要壓力埠 105A、105B 以及腔體 103A、103B，於是不存在呆體積以捕獲並隨後可能釋放出任何汙染物。

【0040】 如同圖 2 中所討論之流量限制器元件 211，圖 3 中的流量限制器元件 311 可包括各種類型的流量限制裝置。例如，流量限制器元件 311 可為層流元件、橫向於流體流動方向而設置的板體（其具有穿過板體鑽出或以其他方式形成的一或複數孔口）、或是在流動路徑中不具有分開的流量限制裝置之限制性彎部。此外，如上方參照圖 2 的流量感測器 207 所描述之，流量感測器 309 可包括一或更多類型的流量感測器。為了容易理解本文提供的所揭露之標的，流量感測器 309 可被視為係壓差感測器。

【0041】 同樣如參照圖 2 所討論之，流量感測器 309 係配置以測量流體的流量，該流體係在流量感測器 309 之相對側上以彼此相差約 180°的方向中流動（即，流量感測器 309 之相對側上的入口與出口流動係實質上彼此平行但方向相

反）。然而，並不要求流體入口 301 與流體出口 303 處的流體實質上彼此平行地流動。亦即，從流體入口 301 流出的流體並不需要在近乎相反的方向上朝向流體出口 303 流動。流體入口 301 與流體出口 303 可例如以相差大約 0°至大約 45°的角度而進行配置。在其他實施例中，流體入口 301 與流體出口 303 可例如以相差大約 45°至大約 60°的角度而進行配置。在又其他實施例中，流體入口 301 與流體出口 303 可例如以相差大約 60°至大約 90°、或更大的角度而進行配置。因此，在期望靠近流量感測器的流體係以層流狀態進行流動之實施例中，流體入口 301 與流體出口 303 可以各種角度進行配置，且將被視為落入所揭露之標的的範圍之內。

【0042】 舉例來說，上述流體入口 301 與流體出口 303 的各種方向情境之每一者皆可在流動路徑的一部份中（其靠近流量感測器 309）於流量感測器 309 之相對側上以彼此大約 180°的方向中流動。然而，在流量感測器 309 的遠側（例如，如下方所更詳細描述之，在流量感測器 309 上游和下游的適當距離處以滿足流量感測器 309 附近的層流狀態），流動路徑能夠配置成如上所述的任何彼此之相對角度，以便於將耦接器或配件放置在基於壓差的流量計 300 上。

【0043】 請繼續參照圖 3A，流量限制器元件 311 係位在流動路徑 307 中的第一層流元件 305 與流動路徑 307 中的第二層流元件 313 之間。因此，第一和第二層流元件 305、313 允許在流動路徑 307 中流動的流體能夠流過流量感測器 309 的相對側（第一側 309A 與第二側 309B）。當與基於壓差感測器的流量感測器 309 共同使用時，流量限制器元件 311 可包括任何類型的流量限制裝置，使得在流動路徑 307 中流動的流體在流量限制器元件 311 之上游比在流量限制器元件 311 之下游具有更高的壓力。此種流量限制裝置可包括例如以機械加工或其他方法形成在板體中的孔口，其中該板體係設置為橫越流動路徑 307。在各種實施例中，流量限制器元件 311 亦可包括額外的層流元件。（層流元件在本領域中係已

知用於在層流元件的長度上造成壓降）。在其他實施例中，如上參照圖 2 所討論之，可減少流動路徑 307 的橫剖面積以增加在減少面積的流動路徑之上游中所流動的流體壓力。在各種實施例中，可將流動路徑 307 之直徑 d1 選擇為大於或小於流動路徑 307 的第二部分之直徑 d2（見圖 3B）。而此種裝置與技術係在本領域中係為習知。

【0044】 圖 3B 顯示圖 3A 中基於壓差的流量計 300 之實施例之剖面圖 330（圖 3A 中的剖面 A-A）。在閱讀並理解所揭露之標的後，本領域中具有通常知識者將意識到圖 3A 與圖 3B 之基於壓差的流量計 300 可使用例如上方參照圖 2 所述的任何材料或技術來建構。

【0045】 圖 4A 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計 400 之另一實施例之橫剖面圖。雖然基於壓差的流量計 400 是基於壓差感測器所描述，但基於壓差的流量計 400 仍能夠使用本領域中習知的各種流量感測器中之任一者。因此，術語「基於壓差的流量計」主要係為了容易理解下述圖 4A 中的各種實施例而加以使用。

【0046】 圖 4A 中的基於壓差的流量計 400 係顯示為包括流體入口 401、流體出口 403、流動路徑之上游部分 405L、流動路徑之下游部分 405R、第一外殼部分 407L、第二外殼部分 407R、以及流量感測器載體 409。流動路徑之上游部分 405L 與流動路徑之下游部分 405R 係分別在流量感測器載體 409 的上游與下游。流量感測器載體 409 具有上游側 413A 以及下游側 413B。

【0047】 圖 4B 顯示與圖 4A 中基於壓差的流量計 400 之實施例所共同使用的流量感測器載體 409 之詳圖。請同時參照圖 4A 與圖 4B，流量感測器載體 409 係顯示為包括壓差感測器 413、以及第一通孔 411、第二通孔 417 與第三通孔 419。通孔 411、417、419 包括以實質上相同的方向通過流量感測器載體 409

而形成的孔口，流體被允許通過所述孔口而從流動路徑之上游部分 405L 流向流動路徑之下游部分 405R。

【0048】 在閱讀並理解所揭露之標的後，本領域中具有通常知識者將意識到第一通孔 411、第二通孔 417、第三通孔 419 之中的至少二者係可選擇的，而在流量感測器載體 409 中僅有單一通孔係為必要。在其他實施例中，可存在超過三個的通孔（例如，四或更多）。此外，任何通孔可透過本領域中獨立習知的各種技術而形成各種直徑與形狀。此種技術包括雷射鑽孔、機械鑽孔、放電加工（Electrical Discharge Machining, EDM）、或本領域中習知的其他消去性加工操作（subtractive machining operations）。舉例來說，通孔 411、417、419 的至少一者可具有圓錐形或錐形的入口和/或出口，並可具有圓形、橢圓形、或其他橫剖面的孔洞。在其他實施例中，流量感測器載體 409 的整體可由上述的添加性加工技術（additive machining techniques）來形成。在形成之後，壓差感測器 413 可藉由本領域中獨立習知的技術來壓合（press-fit）、焊接、化學附接、或以其他方式結合至流量感測器載體 409。

【0049】 在特定的示例性實施例中且如其所顯示之，第一外殼部分 407L 包括具有兩端的入口管結構：第一端（包括流體入口 401）、以及配置以接受流量感測器載體 409 的第二端。第一端可擴展至例如本領域中習知之 VCR®金屬對金屬的密封件中，或焊接至公 VCR®短管（male VCR® tube stub）上。在其他實施例中，第一端可形成為例如 VCO® O 形環端面密封接頭（VCR®與 VCO®密封接頭係美國俄亥俄州索倫的世偉洛克公司（Swagelok Company）之註冊商標）。本領域中具有通常知識者將意識到同樣可使用其他類型的配件。

【0050】 入口管結構的剩餘端（即，第二端）可在實質上一方向上擴展（例如，在正 y 方向上）。實質上一方向的擴展使得第一外殼部分 407L（例如，入口管）的下方部分實質上未變形，且第二外殼部分 407R（例如，出口管）的下

方部分實質上未變形，從而形成在介面區域 415 處的橢圓橫剖面區域。實質上一方向的擴展產生如圖 4A 中所顯示之第一介面特徵部 421 與第二介面特徵部 423。

【0051】 延續此特定的示例性實施例，第二外殼部分 407R 包括出口管，該出口管係從出口管的上游部分上之外擴部分開始，形成第二介面特徵部 423 以配合於第一介面特徵部 421。出口管在出口管的下游部分處終止於耦接件，以將出口管連接至例如為比例閥塊（proportioning-valve block）（未顯示但在本領域中係為習知）。不是出口管的出口端就是比例閥塊係終止於例如 VCR®或 VCO® 的密封接頭件。接著，將流量感測器載體 409 放置、形成、或以其他方式安裝在入口管與出口管之間的介面特徵部 421、423 處。而後，將入口管與出口管在介面區域 415 處彼此附接以使彼此實質上係為共線（例如，藉由軌道-雷射焊接、干涉或壓合、化學黏著劑、其組合、或其他本領域中習知的技術）。

【0052】 第一外殼部分 407L、第二外殼部分 407R、以及流量感測器載體 409 可使用上方參照圖 2 所述之材料或技術其中任何一或多者來建構。替代性地，第一外殼部分 407L 與第二外殼部分 407R 可使用本領域中習知各種類型的管體材料來建構，包括例如係不鏽鋼管、銅管、基於聚合物的管體、或其他材料。管體係至少部分地基於流體流動的考量（例如，流體的腐蝕性質、以及所承載的流體的壓力）、汙染物的考量、以及本領域中習知的其他考量來進行選擇。

【0053】 在另一特定的示例性實施例中，第一外殼部分 407L 與第二外殼部分 407R 可包括管體結構。如本領域中所習知，管體結構可由例如薄壁管體所形成，該薄壁管體自身在流體運輸的期間可能無法承受所遭遇的操作壓力。然而，管體結構可透過一或更多結構組件（例如，各管體結構外側的模具）所支持以確保管體在操作期間不會變形。支持用的組件可包括例如纖維增強的聚合物、陶瓷、聚合物、金屬、或本領域中習知的其他合適之材料。此外，由於支持用的組件並不會被潤濕，於是所述組件具有少量或不具純度的需求。因此，結構的功

能係與保持流體純度的功能分開。薄壁管體可選擇自習知中以抵抗化學性質且形成以減少或消除粒子捕獲（particle traps）的材料。此外，如本領域中所習知，可使用例如液壓成形、氣動成形、或機械擴展的操作來形成管體。

【0054】 取決於例如流體速度、流體密度、以及流體動態黏度的因素，在流量感測器載體 409 之上游側 413A 上且因此在壓差感測器 413 上的速度衝擊可能是顯著的。此外，由流量感測器載體 409 所生成的阻力（drag force）亦可能是顯著的。因此，基於壓差的流量計 400 可能需要針對被承載於基於壓差的流量計 400 中的各種類型流體之每一者來進行校正。然而，比起圖 2 及圖 3A 的基於壓差的流量計 200、300，圖 4A 的基於壓差的流量計 400 係可被更便宜地製造。

【0055】 至少在某些實施態樣上相似於圖 4A 及圖 4B 的基於壓差的流量計 400，圖 4C 顯示根據所揭露之標的中基於壓差的流量計 430 之另一實施例之橫剖面圖。

【0056】 圖 4C 中的基於壓差的流量計 430 係顯示為包括流體入口 431、流體出口 433、流動路徑之上游部分 435L、流動路徑之下游部分 435R、第一外殼部分 437L、第二外殼部分 437R、以及流量感測器載體 439。流動路徑之上游部分 435L 與流動路徑之下游部分 435R 係分別在流量感測器載體 439 的上游與下游。流量感測器載體 439 具有上游側 443A 以及下游側 443B。

【0057】 圖 4D 顯示與圖 4C 中基於壓差的流量計 430 之實施例所共同使用的流量感測器載體 439 之詳圖。請同時參照圖 4C 與圖 4D，流量感測器載體 439 係顯示為包括壓差感測器 443、以及複數通孔 441。該複數通孔 441 包括以實質上相同的方向通過流量感測器載體 439 而形成的孔口，流體被允許通過所述孔口而從流動路徑之上游部分 435L 流向流動路徑之下游部分 435R。

【0058】 在閱讀並理解所揭露之標的後，本領域中具有通常知識者將意識到在流量感測器載體 439 中之複數通孔 441 其中僅有單一通孔係為必要。此外，

熟悉本技術者將意識到除了圖 4D 中所顯示的數量之外還可使用額外的通孔。如上圖 4A 及圖 4B 所述之，複數通孔 441 以及流量感測器載體 439 可由各種材料所形成且具有各種形狀。

【0059】 圖 4C 之基於壓差的流量計 430 與圖 4A 之基於壓差的流量計 400 差異在於，與圖 4A 的介面區域 415 處之實質上為橢圓形的橫剖面區域相比，圖 4C 的介面區域 445 具有實質上為圓形的橫剖面區域。亦即，圖 4C 之第一介面特徵部 447 與第二介面特徵部 449 可在實質上三個方向上（例如，在正 x、y 及 z 方向上）擴展。

【0060】 一旦圖 4C 的第一介面特徵部 447 與第二介面特徵部 449 被擴展，隨即將流量感測器載體 439 放置、形成、或以其他方式安裝在第一外殼部分 437L 與第二外殼部分 437R 之間的介面特徵部 447、449 處。而後，將第一外殼部分 437L 與第二外殼部分 437R 在介面區域 445 處彼此附接，以使彼此實質上係為共線（例如，藉由軌道-雷射焊接、干涉或壓合、化學黏著劑、其組合、或其他本領域中習知的技術）。

【0061】 如本領域中具有通常知識者所可意識之，本文中所述基於壓差的體積流量計之各種實施例中的每一者均可藉由增加額外的組件而形成為質量流量計或質量流量控制器。如本領域中所習知，質量流量控制器係配置根據設定的流量以自動地控制流體的流量，該設定的流量係以預定設定點的形式而作為電性信號所發送。特別係在流體為氣體的情況下，由於溫度變化及其他因素可被個別測量與考量，因此質量流量控制器係實質上不受這些因素而引起的氣體壓力變化所影響。舉例來說，除了上述各種體積流量計之外，質量流量控制器亦包括所有耦接至該體積流量計的控制閥、閥致動器、以及控制器。在閱讀並理解所揭露之標的後，本領域中具有通常知識者將容易意識到需要何種組件，以及如何將那些組件耦接至本文所述的各種體積流量計以形成各種類型的質量流量計。

【0062】 總體而言，包含於本文中所揭露之標的係描述或大致上關於流量計組件，該流量計組件係可與半導體製造環境（fab）中的「工具」共同操作並可用於控制「工具」之部分操作。此種工具可包括各種類型的沉積工具（包括基於電漿的工具，例如原子層沉積（atomic layer deposition, ALD）、化學氣相沉積（chemical vapor deposition, CVD）、電漿增強化學氣相沉積（plasma-enhanced CVD, PECVD）等）、與蝕刻工具（例如，反應離子蝕刻（reactive-ion etching, RIE）工具）、以及各種類型的熱爐（例如，快速熱退火與氧化）、離子植入、與在各種晶圓製造廠中發現並且為本領域中具有通常知識者所習知的各種其他製程與計量學工具（metrology tools）。然而，所揭露之標的並不限於半導體環境並可在許多機械工具的環境中使用，例如機器組裝（robotic assembly）、製造、加工環境（例如，包括使用物理氣相沉積（PVD 工具）的那些操作）、以及其他各種環境中之流體控制操作。在閱讀並理解本文提供的揭露內容後，本領域中具有通常知識者將意識到所揭露之標的的各種實施例可與其他類型的製程、各式各樣的工具及組件所共同使用。

【0063】 如本文中所使用之術語「或」可解釋為包括（inclusive）或排他（exclusive）之含義。此外，在閱讀並理解所提供之揭露內容後，其他實施例將可被本領域中具有通常知識者所理解。此外，在閱讀並理解本文所提供之揭露內容後，本領域中具有通常知識者將易於理解到本文所提供之技術與示例的各種組合均可透過各種配置而進行應用。

【0064】 儘管各種實施例係被個別討論，然而這些個別的實施例並不意旨被視為係獨立的技術或設計。如上所指，各部分中的每一者可係為相互關聯，並且可單獨或與本文中討論的其他實施例結合使用。舉例來說，儘管方法、操作、及步驟的各種實施例已被描述，然而這些方法、操作、及步驟可單獨地或以各種組合而被使用。

【0065】 因此，對於本領域中具有通常知識者在閱讀並理解本文提供的揭露內容後而言，可做出許多修改及變化將係顯而易見的。例如，各實施例中的每一者均係顯示並描述為使用單一壓差感測器。然而，在閱讀並理解所揭露之標的後，本領域中具有通常知識者將意識到在各實施例中可使用二或更多壓差感測器，取決於例如預期被運輸通過各自流量計的流體黏度。此外，一或更多流量限制器元件可與本文中所述之各種實施例中的每一者共同使用，以增加由各種壓差感測器所測量的壓差降。當測量低的流體流量（例如，小於 1 sccm）時可使用較高的壓降，該較高的壓降提高流量計在低流量時的準確度。

【0066】 此外，根據前方之描述，除了本文中列舉的方法與裝置之外，在本揭露範圍內在功能性上等效之方法及裝置對於本領域中具有通常知識者而言係為顯而易見。一些實施例的部分與特徵、材料、以及構造技術可被包括在其他實施例的部分與特徵、材料、以及構造技術中、或由其他實施例的部分與特徵、材料、以及構造技術所替代。此些修改及變化係旨在落入隨附之申請專利範圍的範圍中。因此，本揭露僅由隨附申請專利範圍的術語、以及這些申請專利範圍所賦予之均等物的全部範圍所限定。亦需理解的是，本文中所使用的術語僅係用於描述特定實施例的目的而並不意旨進行限制。

【0067】 本揭露的摘要係提供以允許讀者能迅速地確定技術揭露的性質。摘要係在其將不會被用於解釋或限制申請專利範圍的理解下而被提出。此外，在先前的實施方式中，可見諸多特徵可被歸類在單一實施例中以達到簡化本揭露的目的。此揭露方式不應被解釋為限制申請專利範圍。因此，隨著申請專利範圍之每一者本身作為單獨的實施例，下列的申請專利範圍則係藉此而引入實施方式中。

【符號說明】

【0068】

100, 200, 300, 400, 430: 基於壓差的流量計

101, 413, 443: 壓差感測器

101A, 207A, 309A: 第一側

101B, 207B, 309B: 第二側

103A: 第一腔體

103B: 第二腔體

105A: 第一壓力埠

105B: 第二壓力埠

107: 限制器元件

109, 201, 301, 401, 431: 流體入口

111, 203, 303, 403, 433: 流體出口

113, 205, 307: 流動路徑

207, 309: 流量感測器

209: 第一彎部

211, 311: 流量限制器元件

213: 第二彎部

215, 317: 流量計本體

305: 第一層流元件

313: 第二層流元件

315: 感測器線材

330: 剖面圖

405L, 435L: 流動路徑之上游部分

405R, 435R: 流動路徑之下游部分

407L, 437L: 第一外殼部分

407R, 437R: 第二外殼部分

409, 439: 流量感測器載體

411: 第一通孔

413A, 443A: 上游側

413B, 443B: 下游側

415, 445: 介面區域

417: 第二通孔

419: 第三通孔

421, 447: 第一介面特徵部

423, 449: 第二介面特徵部

441: 通孔

d1, d2: 直徑

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種流量計，包括：

一流動路徑，具有一入口部分與一出口部分並設置以運輸一流體，該流動路徑的該入口部分及該出口部分係以實質上彼此平行所配置，以在該入口部分及該出口部分中朝實質上相對方向運輸該流體；

至少一流量限制器元件，位於該流動路徑中且配置在該流動路徑的該入口部分與該出口部分之間，並設置以給予一壓降至該流體；以及

一流量感測器，配置在該流動路徑的該入口部分與該出口部分之間，該流量感測器的一第一表面係設置以與在該至少一流量限制器元件的上游流動之該流體直接流體連通，一第二表面係設置以與在該至少一流量限制器元件的下游流動之該流體直接流體連通，該第二表面係位於該流量感測器相對於該流量感測器之該第一表面的一部份上，該流量感測器係設置以感測由該至少一流量限制器元件而在該流體中所引起的一壓差。

【請求項2】 如請求項 1 所述的流量計，其中該至少一流量限制器元件包括一層流元件。

【請求項3】 如請求項 1 所述的流量計，其中該至少一流量限制器元件包括一孔口。

【請求項4】 如請求項 1 所述的流量計，其中該至少一流量限制器元件包括複數孔口。

【請求項5】 如請求項 1 所述的流量計，其中該流動路徑的該入口部分與該出口部分係以相差約 0°至約 45°的角度所配置。

【請求項6】 如請求項 1 所述的流量計，其中該流動路徑的該入口部分與該出口部分係以相差約 45°至約 60°的角度所配置。

【請求項7】 如請求項 1 所述的流量計，更包括在該流動路徑中的一第一彎部與一第二彎部，該第一彎部係在該至少一流量限制器元件的上游，該第二彎部係在該至少一流量限制器元件的下游。

【請求項8】 如請求項 7 所述的流量計，其中該第一彎部與該第二彎部的至少其中一者係遠離該至少一流量限制器元件至少 5 至 7 個特徵線性尺寸（characteristic linear dimensions），該特徵線性尺寸係基於該流動路徑的一內部尺寸（internal dimension）。

【請求項9】 如請求項 1 所述的流量計，其中該流量感測器係一壓差感測器。

【請求項10】 如請求項 1 所述的流量計，其中該流量計的一調節比（turndown ratio）係至少約 100：1。

【請求項11】 一種流量計，包括：

一流動路徑，具有一入口部分與一出口部分並係設置以運輸一流體，該流動路徑具有形成在該流動路徑中的一單一彎部，該流動路徑的該入口部分及該出口部分係以實質上彼此平行所配置，以在該入口部分及該出口部分中朝實質上相對方向運輸該流體；

至少一流量限制器元件，位於該流動路徑中且配置在該流動路徑的該入口部分與該出口部分之間，並設置以給予一壓降至該流體；以及

至少一流量感測器，其係設置在其中該至少一流量感測器被設置於一流體流之方向上的一不同部分處，且具有一第一表面以及相對於該第一表面的一第二表面，該流量感測器之該第一表面係設置以與在該至少一流量限制器元件的上游流動之該流體直接流體連通，該第二表面係設置以與在該至少一流量限制器元件的下游流動之該流體直接流體連通，該流量感測器係設置以感測由該至少一流量限制器元件而在該流體中所引起的一壓差。

【請求項12】 如請求項 11 所述的流量計，其中該至少一流量限制器元件係位於該流動路徑中的該單一彎部內。

【請求項13】 如請求項 11 所述的流量計，其中該至少一流量限制器元件係一層流元件。

【請求項14】 如請求項 11 所述的流量計，其中該至少一流量限制器元件係橫向於流體流動的一方向所設置的一板體，該板體具有穿過該板體形成的至少一孔口。

【請求項15】如請求項11所述的流量計，其中該流動路徑中的該單一彎部具有一減少的橫剖面積，與該流動路徑的剩餘部分之一橫剖面積相比，該至少一流量限制器元件包括該減少的橫剖面積。

【請求項16】如請求項11所述的流量計，其中該流動路徑的該入口部分之一橫剖面積係大於該流動路徑的該出口部分之一橫剖面積。

【請求項17】如請求項11所述的流量計，其中該流動路徑的該出口部分之一橫剖面積係大於該流動路徑的該入口部分之一橫剖面積。

【請求項18】如請求項11所述的流量計，其中該流量計係設置為在該流量計內不具有呆體積。

【請求項19】一種流量計，包括：

一上游部分流動路徑與一下游部分流動路徑，以運輸一流體，該上游部分流動路徑及該下游部分流動路徑係以實質上彼此平行所配置，以在該上游部分流動路徑及該下游部分流動路徑中朝實質上相對方向運輸該流體；

一流量感測器載體，橫向於所運輸之流體的一方向配置且配置在該上游部分流動路徑與該下游部分流動路徑之間；

至少一孔口，在實質上與該流體之一方向的一相同方向中形成通過該流量感測器載體，該至少一孔口在該上游部分流動路徑與該下游部分流動路徑之間提供一壓降；以及

一流量感測器，形成於該流量感測器載體內並具有一第一表面以及相對於該第一表面的一第二表面，該流量感測器之該第一表面係設置以與在該流量感測器載體的上游流動之該流體直接流體連通，且該流量感測器之該第二表面係設置以與在該流量感測器載體的下游流動之該流體直接流體連通，該流量感測器係設置以感測由該至少一孔口而在該流體中所引起的一壓差。

【發明圖式】

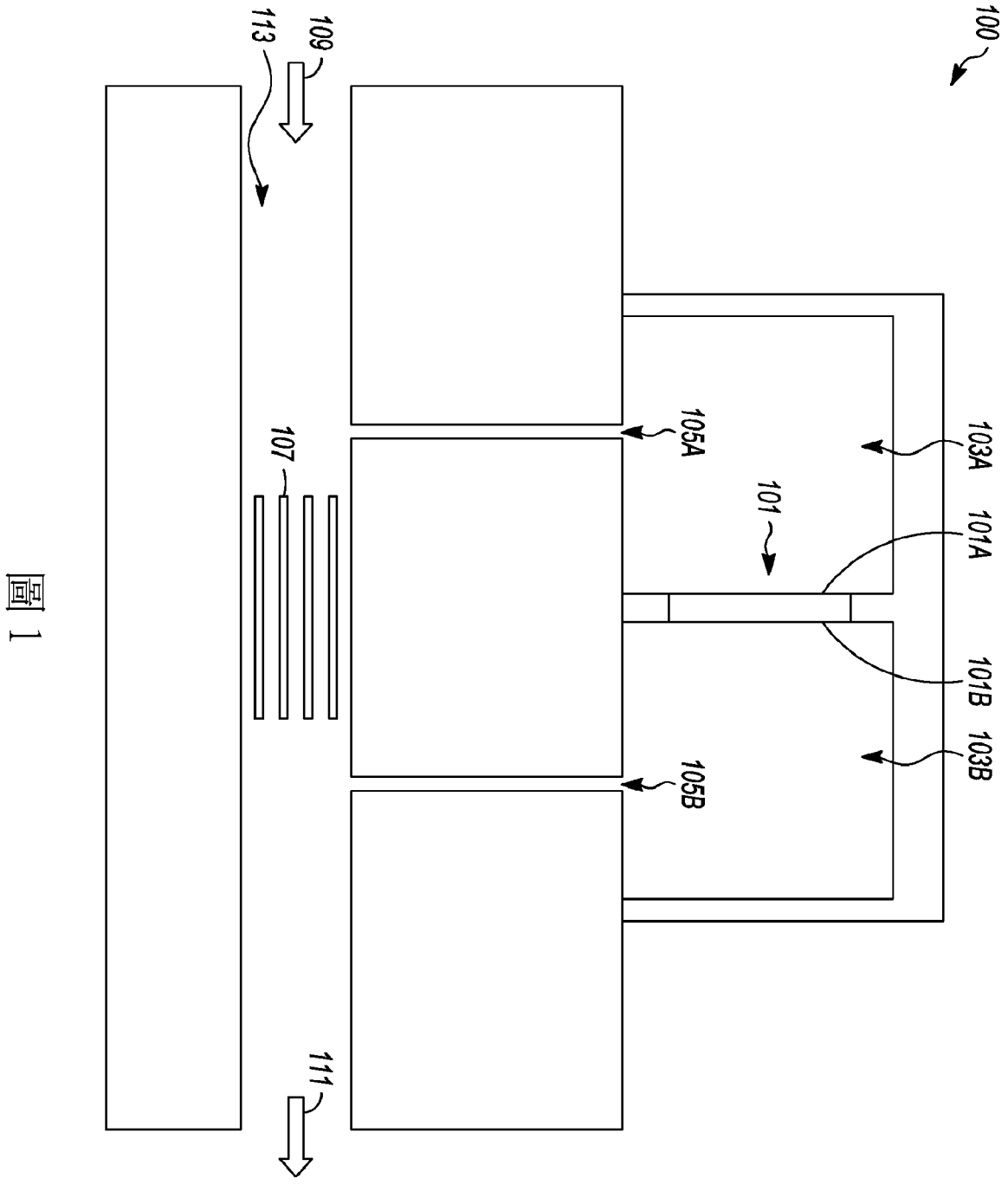


圖 1

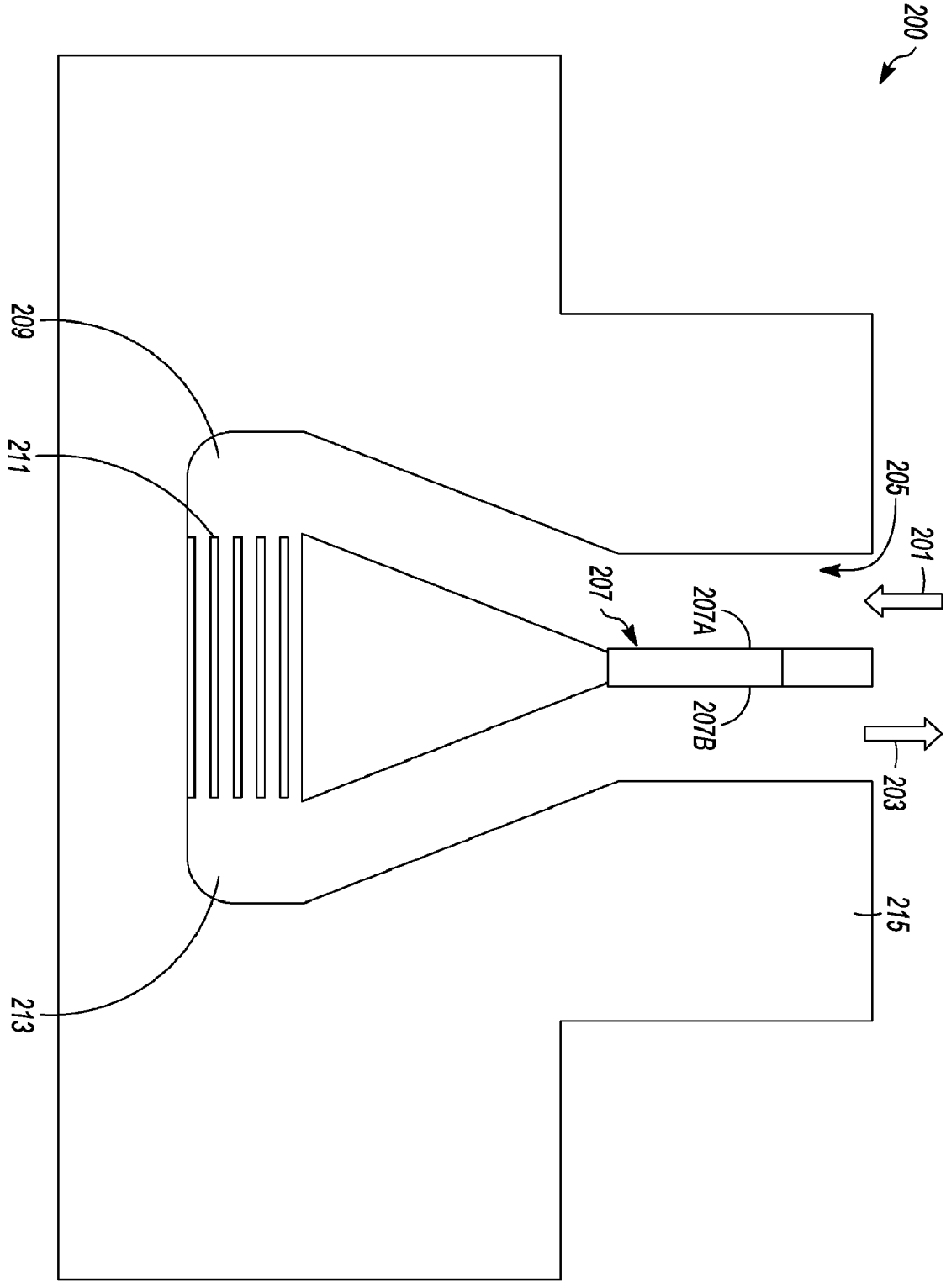


圖 2

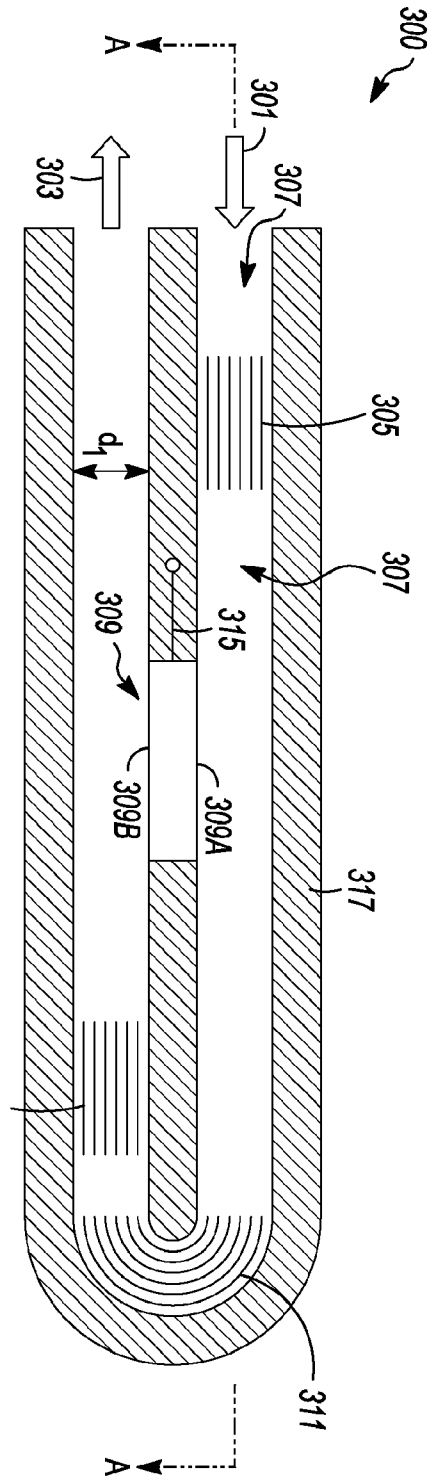
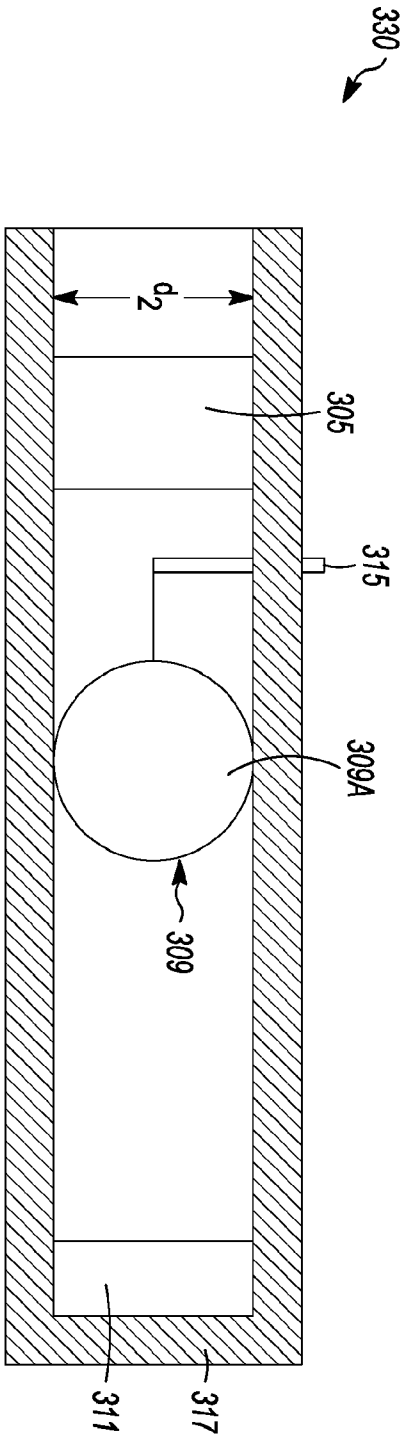

300
A
301
303
307
305
d_1
307
309
315
309B
309A
317
313
311
A

圖 3A


330
d_2
305
315
309A
309
311
317

剖面 A-A

圖 3B

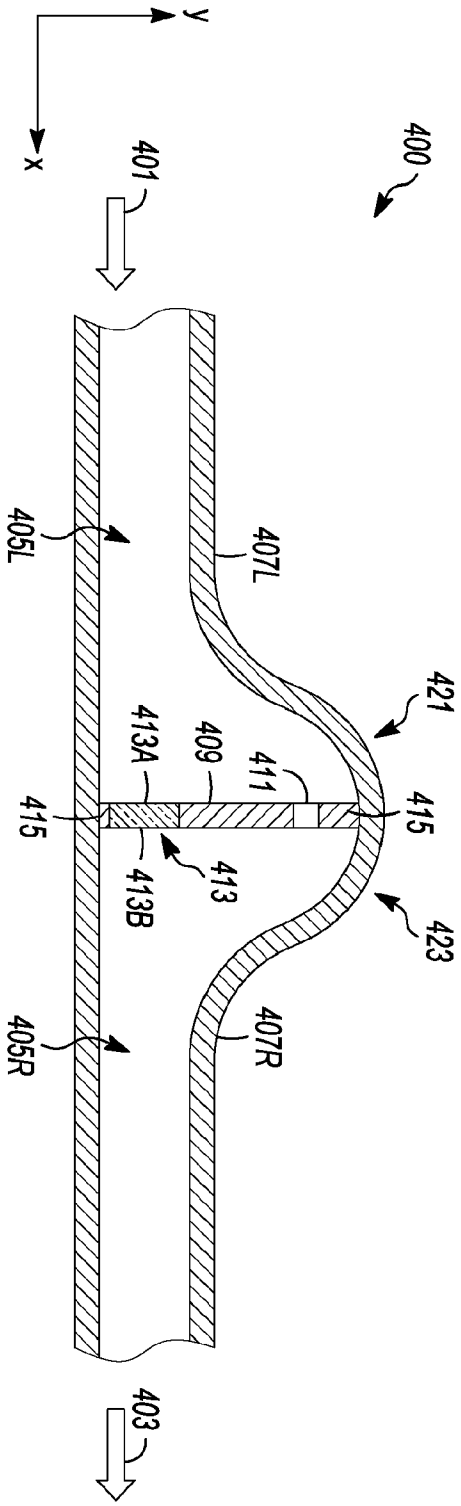

y
x
400
401
405L
407L
421
413A
409
411
415
415
413
413B
423
405R
407R
403

圖 4A

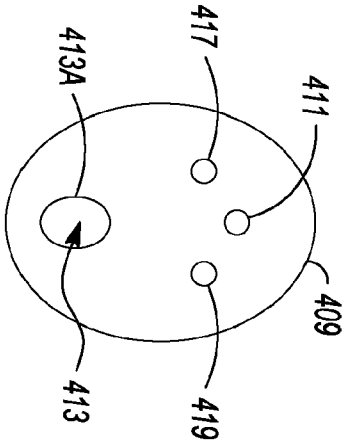

417
411
413A
409
413
419

圖 4B

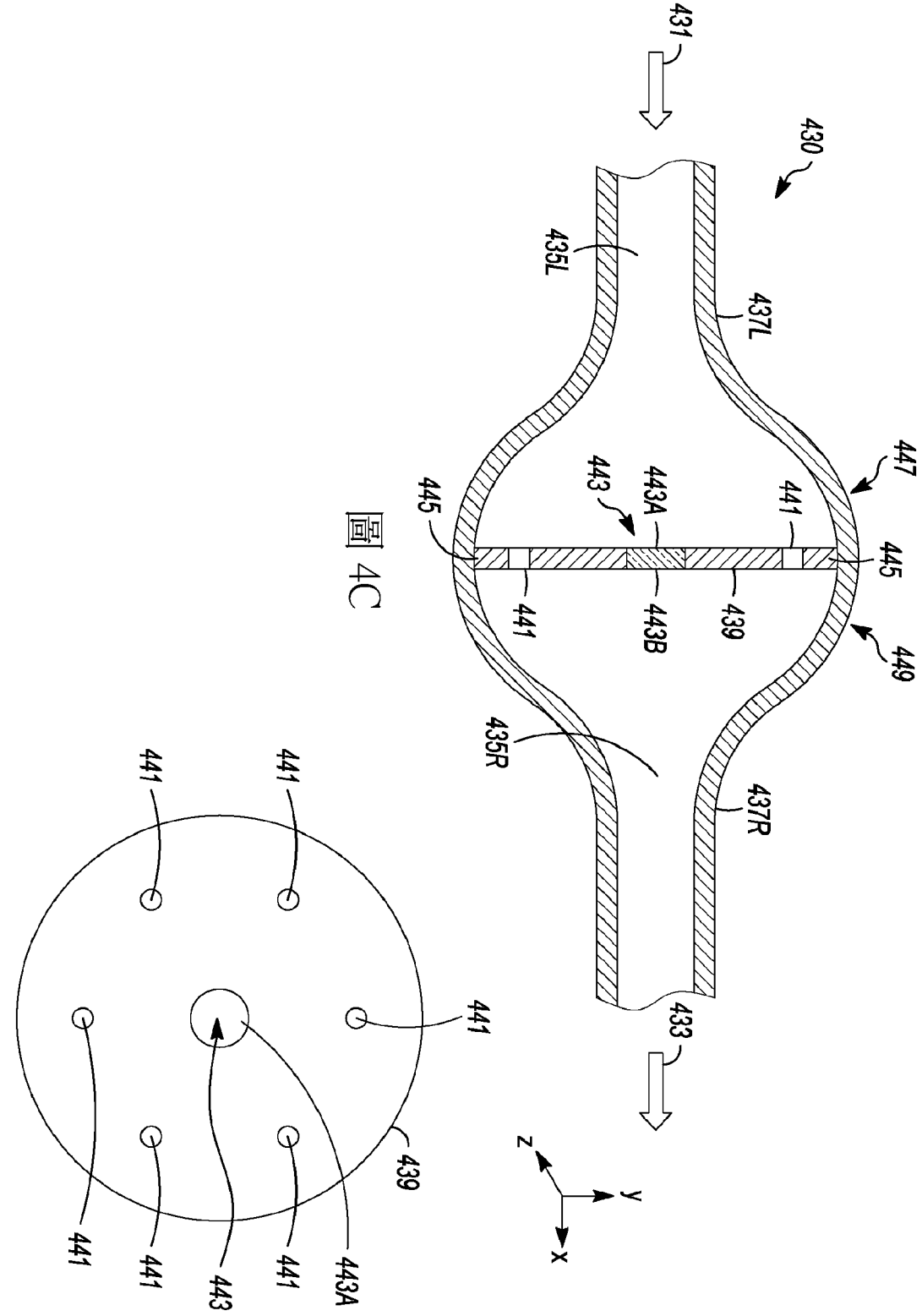

431
430
435L
437L
447
443
443A
441
445
445
441
443B
439
449
435R
437R
433
z
y
x

圖 4C

441
441
441
441
441
443
441
443A
439

圖 4D