

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6257772号
(P6257772)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 F 1/84 (2006.01) G O 1 F 1/84

請求項の数 18 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-536409 (P2016-536409)	(73) 特許権者	510179283
(86) (22) 出願日	平成26年8月20日 (2014.8.20)		マレマ エンジニアリング コーポレーシ ョン
(65) 公表番号	特表2016-528513 (P2016-528513A)		MALEMA ENGINEERING CORPORATION
(43) 公表日	平成28年9月15日 (2016.9.15)		アメリカ合衆国 フロリダ州 33487 、 ボカ ラトン, 1060 サウス ロ ジャース サークル
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/051861		1060 South Rogers C ircle, Boca Raton, FL 33487 (US)
(87) 国際公開番号	W02015/026927		
(87) 国際公開日	平成27年2月26日 (2015.2.26)	(74) 代理人	110001243
審査請求日	平成29年8月18日 (2017.8.18)		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(31) 優先権主張番号	61/868,705		
(32) 優先日	平成25年8月22日 (2013.8.22)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コリオリ質量流量センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単一のポリマー材料からコリオリ流量計を製造する方法であって、
 本体、
 該本体に一体化され、それぞれが溶接面を含む少なくとも4つの管状ポート延在部、
 前記本体および前記少なくとも4つの管状ポート延在部に一体化された少なくとも1つの絶縁プレート、
 を備える動的応答マニホールドを、第1のポリマー材料から作製すること、
 それぞれが2つの開放端を含む少なくとも2つの流れ感知部材を前記第1のポリマー材料から作製すること、および、
 前記少なくとも2つの流れ感知部材の開放端の各々を、前記少なくとも4つの管状ポート延在部の1つの対応する溶接面に溶接すること、
 を含み、
 前記少なくとも1つの絶縁プレートの各々が、前記溶接面と前記動的応答マニホールドの前記本体との間に配置される、方法。

【請求項 2】

前記少なくとも2つの流れ感知部材の開放端の各々を、前記少なくとも4つの管状ポート延在部の1つの前記対応する溶接面に溶接することが、同時に生じることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記溶接することが、

前記少なくとも4つの管状ポート延在部の各々の前記溶接面を、前記第1のポリマー材料の溶接温度範囲内に局所的に加熱すること、

前記少なくとも2つの流れ感知部材の前記開放端の各々を、前記第1のポリマー材料の溶接温度範囲内に局所的に加熱すること、および、

溶接面の各々と開放端の各々が前記第1のポリマー材料の溶接温度範囲内にあるようにしながら、開放端の各々と前記対応する溶接面とを同時に接合すること、
をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記管状ポート延在部および前記流れ感知部材がほぼ等しい外径を有していることを特徴とする請求項1に記載の方法。

10

【請求項5】

前記外径の公差が $+/-0.2\text{ mm}$ であることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記溶接することが、接着剤のないジャンクションを形成することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項7】

溶接中に、1つの前記流れ感知部材および前記対応する管状ポート延在部の双方の内側にある部位に一時的にピンを挿入することをさらに含み、前記部位はポリマージョイントに対応し、前記ピンは、前記ポリマージョイントと密に接触して、ポリマーが前記ポリマージョイントから前記流れ感知部材内へ流入するのを阻止することを特徴とする請求項1に記載の方法。

20

【請求項8】

単一のポリマー材料からコリオリ流量計を製造する方法であって、

本体、

該本体に一体化され、それぞれが溶接面を含む少なくとも4つの管状ポート延在部、

前記本体および前記少なくとも4つの管状ポート延在部に一体化された少なくとも1つの絶縁プレート、

を備え、第1のポリマー材料から作製された動的応答マニホールドを用意すること、

それぞれが2つの開放端を含み、前記第1のポリマー材料から作製された少なくとも2つの流れ感知部材を用意すること、および、

30

前記少なくとも2つの流れ感知部材の開放端の各々を、前記少なくとも4つの管状ポート延在部の1つの対応する溶接面に溶接すること、
を含み、

前記少なくとも1つの絶縁プレートの各々が、前記溶接面と前記動的応答マニホールドの前記本体との間に配置される、方法。

【請求項9】

前記少なくとも2つの流れ感知部材の開放端の各々を、前記少なくとも4つの管状ポート延在部の1つの前記対応する溶接面に溶接することが、同時に生じることを特徴とする請求項8に記載の方法。

40

【請求項10】

前記溶接することが、

前記少なくとも4つの管状ポート延在部の前記溶接面の各々を、前記第1のポリマー材料の溶接温度範囲内に局所的に加熱すること、

前記少なくとも2つの流れ感知部材の前記開放端の各々を、前記第1のポリマー材料の溶接温度範囲内に局所的に加熱すること、および、

溶接面の各々と開放端の各々が前記第1のポリマー材料の溶接温度範囲内にあるようにしながら、開放端の各々と前記対応する溶接面とを同時に接合すること、
をさらに含むことを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項11】

50

前記管状ポート延在部および前記流れ感知部材がほぼ等しい外径を有していることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記外径の公差が $+/-0.2\text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記溶接することが、接着剤のないジャンクションを形成することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 4】

溶接中に、1つの前記流れ感知部材および前記対応する管状ポート延在部の双方の内側にある部位に一時的にピンを挿入することをさらに含み、前記部位はポリマージョイントに対応し、前記ピンは、前記ポリマージョイントと密に接触して、ポリマーが前記ポリマージョイントから前記流れ感知部材内へ流入するのを阻止することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

10

【請求項 1 5】

第 1 のポリマー材料製の本体と、

該本体に一体化された、前記第 1 のポリマー材料製の少なくとも 4 つの管状ポート延在部と、

前記本体および前記少なくとも 4 つの管状ポート延在部に一体化された、前記第 1 のポリマー材料製の少なくとも 1 つの絶縁プレートと、

前記第 1 のポリマー材料製の少なくとも 2 つの流れ感知部材であって、その各々が第 1 端および第 2 端を有し、前記第 1 端および第 2 端が前記少なくとも 4 つの管状ポート延在部 1 つに対応する、少なくとも 2 つの流れ感知部材と、

20

少なくとも 4 つのポリマー溶接部であって、その各々が、前記少なくとも 2 つの流れ感知部材の 1 つの前記第 1 端または 1 つの第 2 端を、前記少なくとも 4 つの管状ポート延在部の対応する 1 つに接続している少なくとも 4 つのポリマー溶接部と、
を含み、

前記少なくとも 1 つの絶縁プレートの各々が、前記溶接面と前記動的応答マニホールドの前記本体との間に配置される、装置。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 4 つの管状ポート延在部の各々および前記少なくとも 2 つの流れ感知部材の各々の壁厚が 1 ミリメートル未満であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の装置。

30

【請求項 1 7】

前記少なくとも 2 つの流れ感知部材の内径が 2 ミリメートルから 4 ミリメートルの間であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記少なくとも 4 つのポリマー溶接部の各々の寸法公差が 0.2 mm 以内であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

関連出願の相互参照

本出願は、2013 年 8 月 22 日に出願された米国特許仮出願第 61/868,705 号の優先権の利益を主張するものであり、参照によりその全体が本明細書に組み込まれるものとする。

【0002】

本発明は、概してコリオリの原理に基づく流体の質量流量測定装置に関し、具体的にはポリマー材料から構成される、改良されたコリオリ流量センサの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0003】

50

コリオリ質量流量計は、閉鎖導管を通して流れる流体の質量流量を測定することができる。従来のコリオリ流量計は、1または2本の管（これを通して流体が流れる）の様々な構成を採用しており、制御された態様で発振することで、センサを流れる流体の質量流量の指標として、コリオリ誘発される偏向（または1以上の管の撓みの影響）の測定を可能にする。

【0004】

コリオリ流量計の従来技術の多くは、流れ感知素子のような金属合金の流管を使用することに関連している。従来技術はまた、金属の代わりに流管にプラスチックを使用することができる理論的な可能性を示しているが、同時に、従来技術は、プラスチックの使用から離れることを教示している。特許文献1の第2欄第16行～第25行には、「金属流管をプラスチック流管に単に置換すれば、流量計のように見える構造が生成される。しかし、その構造体は、動作条件の有用な範囲にわたって正確な出力情報を生成する流量計としては機能しない。単に流量計をプラスチックから作ることができるという主張を行うことは、プラスチックを金属の代わりに使用することができるという抽象的な考え以外の何ものでもない。動作条件の有用な範囲で正確な情報を生成するために、プラスチック流量計をどのように製造するかを教示していない。」と記述されている。同様の記述は、特許文献2の第1欄第58行～第68行から第2欄第1行～第10行にも見られる。

10

【0005】

どのコリオリ流量計であっても、首尾よく動作させるための基本は、流れ感知要素（例えば、特許文献1および特許文献2における管）が、支持ベースに固定して取り付けられ、振動する流れ感知要素の両端に関して、固定、安定且つ不変の境界条件が確立されていなければならないということである。特許文献1および特許文献2は、シアノアクリレート接着剤を用いて金属支持体に取り付けられた、少なくとも1つのポリマー（例えば、PFA（ポリ（ペルフルオロアルコキシ）））管を用いてコリオリ流量計を製造する方法を記載している。したがって、ジョイントの安定性および境界条件の質は接着剤によって制限されるが、これは動作中の劣化の影響を最も受けやすいインターフェースである。

20

【0006】

特許文献1および2に記載された接着ジョイントの他の形態は、接着剤が使用されることによって、金属ベースへの管の連結部の一体性が、変形および変化しないとは限らないことである。むしろ、管の連続的な振動から連結部は時間の経過とともに劣化し、接着ジョイントの割れ、またはそうでなければ劣化を引き起こす可能性がある。さらに、構造の種々の材料（例えば、PFA管、シアノアクリレート接着剤および金属ベース）間の熱膨張差が、金属ベースへの管の一体性を損ない、不安定な境界条件を生成して、デバイスの性能が損なわれるほどの制御されない振動特性を生じさせる可能性がある。

30

【0007】

特許文献1および2は、PFA管に対するシアノアクリレート接着剤の結合を容易にするためのPFA管の性能を記述している。PFA管は、グリコール・ジエーテルを含む加熱浴中にPFA管を浸漬し、静かに攪拌することを要するエッチング（特許文献1ではプロセスと参照している）にさらされる。このエッチングプロセスによって、流量計の製造のコストおよび複雑さが付加されるが、一貫した基準の流量計の製造に適した管が得られるとは限らない。

40

【0008】

プラスチック製の流れ管とコリオリ流量計を記載した他の技術にはさまざまな問題がある。特許文献3、特許文献4および特許文献5は、射出成形を介してコリオリ流量計を製造し、ビスマス、鉛、スズ、カドミウムおよびインジウムの混合物を含む低融点可融性金属合金から作製されるコア金型の流路を形成する方法を記載している。特許文献3は、「ドライバおよびピックオフの可能性を除いて、実例としては、流量計の全体は、射出成形によって形成される。」と述べている（特許文献3、第2欄第65行～第67行）。この製造の方法は、重大な問題と制限を提示する。射出成形プロセスの間、熱せられたプラスチックは、5000 psiを超える圧力で、350 を超え得る温度で金型内に注入され

50

る。壁の薄い、または小径の流れ通路（例えば、2 mm未満の壁厚をもつ2 mmから4 mmの内径）を製造する場合、そのような熔融温度および圧力は、比較的狭い（かつ柔軟な）可融性の金属コアを損傷する可能性が高く（例えば、その表面を熔融する）、デバイスが使用不可能となる程度にまで、流れ通路の変形および汚染をもたらす。

【0009】

また、半導体、医薬、バイオ医薬品または他の重要な高純度プロセス用途においては、金属汚染を避けることが重要であるが、微妙である。固体のコア（例えば、ステンレス鋼）とは異なり、これらの参考文献に記載された比較的軟質の熔融性コアは、射出成形プロセス中に部分的に熔融または研磨され得るので、金属原子が混合し、射出されたプラスチック中に埋め込まれたままとなり得る。よって、流路を永久的に汚染し、デバイス高純度の半導体製造用途には適さないものにしてしまう。

10

【0010】

また、プラスチック射出成形プロセスでは、様々な成形特徴部が同様の厚さを有していることが望ましいことがある。そうでなければ成形部品は、（冷却時の部品の体積変化に起因して）適切に形成されない可能性があるからである。特許文献3を参照すると、コリオリ流量計のすべての構造的特徴部（例えば、分離プレート（または「ブレースバー」）、入口および出口フランジ、マニホールドの壁および流れ感知素子の壁厚）が、同様の厚さを有していることを意味する。しかし、射出成形によって流量計の全体を形成する結果、流量計の性能を制限してしまうような、構造的および／または動的な設計上の制限または妥協をもたらす。

20

【0011】

特許文献6および特許文献7の双方は、ポリマー材料から作製された流れ感知素子を用いる構造であって、流れ通路が弾性ポリマー材料の単一片から形成されている発明を記載している。流れ通路は、マニホールドに単一のポリマー片を装着した後、外面から単一のポリマー片にそれらを機械加工（例えばドリル加工）することによって作製される。ドリル加工後には、ドリルの外部孔が封止される。あるいは、構造は射出成形により製造することができ、部品をその金型から取り外した後、流れ通路は、金型および／または二次ドリル加工動作で使用される固体コアを組み合わせたことによって形成される。

【0012】

この不利な点の一つは、この方法が、その製造上の制限に起因して、金型および／または二次ドリル加工で使用される固体コアを用いて流れ通路を形成すると、所望（例えば、1 mm超）の壁厚さよりも必然的に大きくなり得ることである。壁厚が大きくなるとデバイスの柔軟性が制限され、従って低流量での測定の感度が制限され得る。他の不利な点は、スラリーを測定する場合、隣接する直線状のセグメント（例えば、角張った「U」または三角形）の交点における角部の存在が、固体が蓄積される部位となり得ることである。この蓄積は、流路内に鋭い屈曲部や不連続部を有していない曲線状の構造に比べて、圧力損失増大の原因となり得る。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

40

【特許文献1】米国特許第7,127,815号明細書

【特許文献2】米国特許第6,776,053号明細書

【特許文献3】米国特許第6,450,042号明細書

【特許文献4】米国特許第6,904,667号明細書

【特許文献5】米国特許出願公開第2002/0139199号公報

【特許文献6】米国特許第8,404,076号明細書

【特許文献7】米国特許出願公開第2013/0174670号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0014】

50

ポリマー材料から製造されたコリオリ質量流量計は、流量センサの流れ感知要素と同じ材料から製造された動的応答（dynamically responsive）マニホールドを含み、機械的ジョイントや接着剤がない。この方法により製造されたデバイスは、振動する１以上の流れ感知（flow-sensitive）要素に対し、変化しない、固定の境界条件を生成する。それによって流量計は、流れ感知要素自体の間の、および／または、流れ感知要素と動的応答マニホールドとの間の、滑りおよび／または熱膨張／収縮率差に起因して、長期の一体性と振動する流れ感知要素の端部の境界条件の信頼性とを損なうような、相対位置の変化または変動を回避する。

【 0 0 1 5 】

さらに、以下に述べる製造方法を用いてポリマー材料から全体的に製造した流量計は、他の方法を用いてポリマー材料から製造した流量計の問題を回避する。例えば、流れ通路（および、流量計の他の構成要素）は、ポリマー管を成形する、または他の方法で形成することによって製造される。これは、金属原子で流れ通路（複数可）を恒久的に汚染する可能性がある低融点可融性金属合金の使用を回避する。従って、高純度の半導体製造に関わる用途には適さない装置を提供することのリスクが回避される。

【 0 0 1 6 】

また、流れ通路の製造に、製造後の機械加工を必要としないので、比較的薄壁（１mm未満）の曲線形状のポリマー管から流れ感知部材を作製することができる。曲線形状および薄壁は、低流量でも計測感度の増大を可能にする。曲線形状はまた、そうでない場合はスラリーの固形分の蓄積部位となり得る流れ通路内部の鋭い角を排除する。この蓄積防止により、以下の方法に従って製造された流量計は、この汚染源を排除し、流れ通路内の物質の蓄積によって誘発される圧力降下を回避する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図１】図１は、一実施形態において、ポリマー材料から作製された動的応答マニホールド構造の説明図である。

【図２】図２は、一実施形態における流れ感知構造の分解図であり、ポリマー材料から作製された一対の「Ｕ」字型流管および動的応答マニホールドを示している。

【図３】図３は、一実施形態におけるコリオリ流量センササブアセンブリの説明図であり、動的応答マニホールドに溶接された「Ｕ」字型流管を示している。

【図４Ａ】図４Ａは、実施形態において、動的応答マニホールドに溶接されたコリオリ流れ感知部材の種々可能な管形状の１つを模式的に示す説明図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは、実施形態において、動的応答マニホールドに溶接されたコリオリ流れ感知部材の種々可能な管形状の１つを模式的に示す説明図である。

【図４Ｃ】図４Ｃは、実施形態において、動的応答マニホールドに溶接されたコリオリ流れ感知部材の種々可能な管形状の１つを模式的に示す説明図である。

【図４Ｄ】図４Ｄは、実施形態において、動的応答マニホールドに溶接されたコリオリ流れ感知部材の種々可能な管形状の１つを模式的に示す説明図である。

【図４Ｅ】図４Ｅは、実施形態において、動的応答マニホールドに溶接されたコリオリ流れ感知部材の種々可能な管形状の１つを模式的に示す説明図である。

【図５】図５は、実施形態において、単一のポリマー材料からコリオリ流量計を製造する例示的方法の一例のフロー図ある。

【図６】図６は、実施形態において、溶接時に流れ感知部材にポリマーが進入するのを防止するために、流れ感知部材にピンを挿入した状態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

図面は、例示目的のためにのみ、本開示の様々な実施形態を示している。当業者であれば、本明細書に記載の原理から逸脱することなく、以下の説明から、ここに例示される構造および方法の代替の実施形態の使用が可能であることを理解するであろう。

【 0 0 1 9 】

概要

実施形態は、ポリマー材料からコリオリ質量流量計を製造する方法を含んでおり、実施形態では動的応答マニホールドは流量センサの流れ感知素子と同じ材料から作製され、機械的なジョイントや接着剤を含んでいない。これらの方法に従って流量計を作製することは、振動感知要素の動的応答マニホールドに固定境界条件を提供し、測定感度を向上させる。

【0020】

一実施形態では、動的応答マニホールドは流量計の流れ感知素子と同じ材料から製造される。以下に説明するように、マニホールドは接着剤類および他の機械的ジョイント（すなわち、例えば接着部、クランプ、締め込み、ホース、ベローズ等によって接合される、2つの物理的に分離した要素間のジョイント）を含まない。機械的なジョイントおよび接着剤類を避けることの利点は、マニホールドと流れ感知素子との滑りや相対的な位置の変化が生じず、一体性、信頼性および/または、振動する流れ感知要素の両端の境界条件の正確性を損ない得る、熱膨張率差の影響を被らないことである。

【0021】

以下に述べる実施形態ではまた、動的応答マニホールドと流れ感知素子とが、双方とも低融点可塑性金属合金を使用せずに製造する方法が記載される。この方法の利点は、他の用途（例えば、高純度半導体製造またはバイオ医薬プロセス）に関する適用には不適切となるデバイスを提供してしまうような、金属原子による流れ通路の汚染の危険性を排除することである。

【0022】

さらに、以下に説明する実施形態は、マニホールドおよびそれに対応する流れ感知素子を同じポリマー材料から製造するために使用される。流れ感知素子は、いくつかの例では、比較的薄い壁（1mm未満）をもって曲線状に形成されたポリマー管から作製される。これらの特徴の利点は、低い流量であっても、流量計が向上した測定感度有することである。また、いくつかのケースでは、流れ感知部材が、鋭い角や急激な方向変化点をもつことのない、曲線状に形成された市販のポリマー管から作製されることである。この利点は、スラリーの固形分が蓄積する可能性のある部位（圧力降下を増大させるか、粒子汚染を引き起こすことになる）が、成形構造から排除されることである。

【0023】

コリオリ流量計の構造

図1は、本開示の方法を用いて製造される動的応答マニホールド110を示す。マニホールド110は、本体115、管状ポート延在部120A~120D（120で総括する）、マニホールド流れ通路125A~125D（125で総括する）、および絶縁（isolation）プレート130A~130D（130で総括する）が含まれている。

【0024】

本体115は、管状ポート延在部120と絶縁プレート130とが接続されるとともに、流体（その流量が測定される）を通過させる構造を提供する。一実施形態において、本体115は、ポリマー材料の単一片をCNC（コンピュータ数値制御）加工することにより、ポリマー材料から製造される。他の実施形態では、本体115は、射出成形または他の成形動作により、ポリマー材料から作製される。この後者の場合には、マニホールド流れ通路125は、そのまま成形されるか、または本体115の成形後に別の機械加工操作で穴加工されるか、のどちらかである。

【0025】

いくつかの実施形態では、本体115と管状ポート延在部120、マニホールド流れ通路125および絶縁プレート130は、ポリマー材料の単一片のCNC加工か、成形するかのいずれかを用いることによって、ともに作製される。従来のコリオリ流量計は、本体と絶縁プレートを別に作製し、その後それらを取り付けたものである。本体115（および、本体とともに作製された動的応答マニホールド110の任意の構成要素）は、市販のポリマー材料（例えば、PFA、ポリ（エーテルエーテルケトン）（PEEK）、ポリ（

10

20

30

40

50

フッ化ビニリデン) (PVDK)、ポリ(テトラフルオロエチレン) (PTFE)、ポリ(フッ化エチレンプロピレン) (FEP) またはカスタムポリマーおよびポリマーブレンド) を含む多数のポリマー材料の中から作製することができるが、これに限定されるものではない。

【0026】

管状ポート延在部 120 は、本体 115 および絶縁プレート 130 に接続し、最終的に流れ感知部材 140 に接続する。このように接続されることで、管状ポート延在部 120 は流れ感知部材の連続的な延在部として振動する。各管状ポート延在部 120 の溶接面 122 が、対応する流れ感知部材の開放端 (図 2 に示され、以下に説明する) に接続されることで、対応する流れ感知部材はマニホールド流路 125 に流体連通して配置されることになる。管状ポート延在部 120 は、流れ感知部材と同じ公称外径および内径と寸法公差 (一般的には $\pm 0.2 \text{ mm}$) とを有する。以下に説明するように、これらの公差は、流れ感知部材に対する管状ポート延在部の正確な位置合わせや溶接を容易にする。管状ポート延在部 120 は、(機械加工または成形のいずれかによって) 本体 115 と一体に形成されている。つまり、管状ポート延在部 120 は本体 115 とともに形成され、従って、管状ポート延在部と本体との間に別または分離した機械的接続部がない、単一構造としてシームレスに本体に接合されている。以下に説明するように、溶接は、コンポーネント (すなわち、流れ感知部材) を、それも本体 115 と一体になるような方法で追加するために使用される。

【0027】

管状ポート延在部 120 に接続された動的応答マニホールド 110 の絶縁プレート 130 は、振動が測定される固定ノードを提供することにより、流れ感知部材 140 の振動に対する境界条件を確立する。絶縁プレート 130 は、流量計の動的周波数応答特性に影響を与える。例えば、コリオリ流量計を動作させる場合、2 つの流れ感知部材 140 は、それらの固有周波数で逆位相 (すなわち「逆相」) に互いに反対方向に振動し、音叉と同種の動きがもたらされる。さらに、2 つの流れ感知部材 140 は、一致して (すなわち、対称的に「同相」) とともに振動することができる。流れ感知部材 140 と本体 115 との間の接続の剛性、および、流れ感知部材 140 の材料および寸法に応じて、同相振動の固有振動数は逆相振動の固有振動数に近い (同一でない場合) ものとなり得る。2 つの周波数が近いほど、流量計の不安定性のリスクも大きくなる。振動励起エネルギーが 2 つ (同相と逆相) の振動モード間で制御不能に共有されるためである。その固有周波数でコリオリ流量計を操作する場合は、センサの動作に干渉しないように、すべての振動モードの固有振動数を十分に分離すべきである。

【0028】

絶縁プレート 130 は、明確に規定された (well-defined) 振動の境界条件を生成し、これは、流れ感知素子 140 (異なる質量と慣性モーメントを有している) が同相と逆相の振動を共有することを可能にすることによって、同相モードおよび逆相モードの周波数を生じさせる。絶縁プレート 130 の寸法および厚さもまた、流量計の周波数応答に影響を与える。絶縁プレート 130 は、逆相モードにおいてのみ、振動する流れ感知素子 140 の剛性に影響を与えるからである。重要なことは、絶縁プレート 130 は、センサの周波数応答特性に直接影響を与え、十分な性能発揮を可能にするということである。流れ感知部材 140 の開放端付近に絶縁プレート 130 を装着することの機械的なチャレンジおよび困難さのため、これらの要素は、管状ポート延在部 120 を介してマニホールドに取り付けられる。

【0029】

管状ポート延在部や流れ感知部材に物理的に別個の絶縁プレート (「ブレースバー」としても知られる) を取り付ける (上記のように、例えば接着剤を使用して) 従来技術のコリオリ流量計とは異なり、本開示の絶縁プレート 130 は、マニホールド 110 (および本体 115) と管状ポート延在部 120 とに対し一体となっている (すなわち、異なる要素を有する単一構造を生成するように、シームレスに接続されている)。この一体構造の

利点は、製造がより簡単となり、且つ、管形状と関わりなく、流れ感知要素（複数可）の振動を終了させるための揺るぎない一定の境界条件を与えることである。マニホールドに一体化した絶縁プレート 130 を有する流量計を製造することは、設計の柔軟性（例えば、絶縁プレートの厚みおよび分離）を増すことも可能にし、種々形状の管のいずれであっても、個別に絶縁プレートを管に取り付けることを要せずに、動的応答マニホールドに溶接することができるようにするものである。

【0030】

絶縁プレート 130 はまた、外部ソース（例えば、動的応答マニホールド 110 が装着された構造）からの振動絶縁を提供し、同相モードの振動または逆相モードの振動において、2つの流れ感知部材のモード間の周波数分離を可能にする。これら2つのモードの間に適切な周波数分離が存在しなければ、センサはその動作中に不安定となり得る。にもかかわらず、動的応答マニホールド 110 は、管状ポート延在部 120 および本体 115 と一体の絶縁プレート 130 を含む単一のシームレス構造を備えている。

【0031】

図2は、コリオリ流量センササブアセンブリ 200 の「分解」図を示す。上述の動的応答マニホールド 110 の要素に加えて、図2はまた、流れ感知部材 140 A および 140 B（140 で総括）およびタブ 160 A ~ 160 D（150 で総括する）を示している。

【0032】

動的応答マニホールド 110 の背面に配管接続部（図示せず）を構成することで、流体は、マニホールド流体通路 125 を介し、液体的に（hydraulically）直列または並列に各流れ感知部材 140 を通って流れることが可能となる。流れ感知部材 140 A の開放端部 150 A および 150 C は、それぞれ対応する溶接面 122 の管状ポート延在部 120 A および 120 C に溶接されている。同様に、管 140 B の開放端 150 B および 150 D は、管状ポート延在部 120 B および 120 D の対応する溶接面 122 にそれぞれ溶接されている。対応する管状ポート延在部に対する各流れ感知部材の溶接作業は、いくつかの実施形態では、同時に実行される。製造方法のこの形態は、図5との関連でより詳細に後述する。

【0033】

図2はまた、流れ感知部材 140 への不図示の応動デバイス（motion responsive device）の取り付けを容易にするために使用されるタブ 160 A ~ 160 D を（160 で総括する）を示している。タブ 160 は、摺動、クランプまたは他の方法で流れ感知部材 140 に取り付けられる。タブ 160 もまたポリマー材料から製造されるが、動的応答マニホールド 110 の他の要素を製造するために使用されるものと同じ材料である必要はない。例えば、タブ 160 を製造するために使用される材料は、流れ感知部材 140 の材料とは異なってもよく、流れ感受性部材を製造するために使用される材料よりも低い熱膨張係数を有したものであってもよい。この利点は、システムの温度が変化する場合、タブ 160 が流れ感知部材 140 との接触をより維持し易くなり、それによって測定精度が維持されるようになるということである。

【0034】

図3は、組み立てられたコリオリ流量センササブアセンブリ 300 の図である。図3は、説明を明確にするために符号を付した（labeled）本体 115、管状ポート延在部 120 A、絶縁プレート 130 A および 130 B、および流れ感知部材 140 A の各要素を含む、上述した要素を含んでいる。先に説明したこれらの要素に加え、図3はまた、ポリマーのジョイント 305 A を含んでいる。ポリマージョイント 305 A は、管状ポート延在部 120 A と流れ感知部材 140 a の開放端 150 A との間の、接着剤のない接合部である。図3には、他の管状ポート延在部 120 と、対応する流れ感知部材の開放端との間の、他のポリマージョイント 305 B ~ 305 が示されている。ポリマージョイントは総括して 305 で参照される。

【0035】

上述のように、ポリマージョイント 305 は、同じポリマー材料から作製された要素を

10

20

30

40

50

結合する。動的応答マニホールド 110 および流れ感知部材 140 の様々な要素はすべて同じポリマー材料から成形または作製されているからである。従って、管状ポート延在部 120 および流れ感知部材 150 の開放端 140 には、溶接温度 (weld temperature) 範囲 (使用されるポリマー材料に応じて決定される) 内に加熱し、互いに接触させてポリマージョイント 305 を形成することだけが必要となる。いくつかの実施形態では、開放端 150 の全てを同時に管状のポート延在部 120 の全てに溶接することが有利である。これは、双方の流れ感知部材における慣性モーメントが十分に近く、バランスするようにされている流量計を製造し易くするという利点がある。溶接部が別々に行われる場合、溶接部の少なくとも一つの寸法公差 (+/- 0.2 mm) が満たされなくなり、慣性モーメントがバランスしない振動構造が生じてしまう可能性が高い。流れ感知部材の長さ (振動構造を構成する) が異なることになるからである。

10

【0036】

各流れ感知部材の慣性モーメントが等しくないと、動的にアンバランスな構造をもたらし、流量計の精度 (および、ゼロ流量オフセットの安定性 (zero-flow offset stability)) に良くない影響を与えることになる。例えば、アンバランスな構造は、流体および周囲の温度の変動、および外部振動に対してより敏感となり、それによって、デバイスの測定値を、不正確、低精度および信頼性のないものに劣化させてしまう。バランスのよい慣性モーメントをもつ流れ感知部材を生産するための製造方法の詳細については、後に詳述する。

【0037】

20

図 4A ~ 図 4E は、流れ感知要素 140 の種々の形状 405 ~ 425 の平面図であり、動的応答マニホールド 110 (模式的に矩形ブロックとして表されている) に溶接することができるものを示している。図示の管形状 405 ~ 425 のいずれもが、特定の流量測定用途の要件を満たすための設計の選択上のもので選定可能である。本開示に従って動的応答マニホールド 110 を製造する 1 つの利点は、完全に新しいマニホールド 110 の設計を要することなく、流れ感知部材として使用するために、種々の管形状のいずれであってもこれを組み込むことが可能となるか、またはより簡便になるということである。

【0038】

コリオリ流量計の製造方法の例

図 5 は、本発明に係るコリオリ流量計を製造するための例示的な方法 500 の方法フロー図である。マニホールド 110 は、CNC 機械加工によって、または成形 (例えば、射出成形) を介して、単一のポリマー材料 505 から作製される。上述したように作製されたマニホールド 110 は、本体 115 だけでなく、絶縁プレート 130 および管状ポート延在部 120 を含んでいる。ポリマーは、商業的に入手可能な様々なポリマー (例えば、PFA、PEEK、PVDF、PTFE、FEP) またはカスタムポリマーまたはポリマーブレンドのいずれでも使用することができる。本体 115 を通るマニホールド流れ通路 125 は、必要に応じ、単一のステップでマニホールドとともに作製されるか、またはマニホールド本体 115 の作製後にドリル加工 (または他の作製方法) で作製することができる。

30

【0039】

40

流れ感知部材は 510 で作製される。流れ感知部材はマニホールド製造 505 で使用されたものと同じポリマー材料を用いて製造される。流れ感知部材は、いくつかのケースでは、特定の (例えば、図 4 に示されるような) 形状に形成されている市販の管である。形状付けは、ポリマーのガラス転移温度近傍 (すなわち、その温度または僅かに高く) に管を加熱することと、所望の形状に管を形成する (例えば、その所望形状に機械加工されたプレートまたは他の型を使用して) ことと、上記温度に維持して、形状付けされた管内の機械的応力が消散することができるようにすることと、制御された態様で流れ感知部材を冷却することと、を含む。形状付けプロセス中に行われるこの加熱はアニール温度としても知られており、その温度および温度プロファイルは、使用されるポリマー材料に応じて変化する。

50

【 0 0 4 0 】

管状の流れ感知部材は、特定の流量測定用途の設計要件を満たし、マニホールドのポリマー材料に一致させるために、市販の（または注文製造された）ポリマー管（PFA、PEEK、PVDF、PTFE、FEPを含むがこれらに限定されない）から作製することができる。流れ感知部材（および対応して一致する管状ポート延在部）の内径および外径は任意の値とすることができるが、これらの直径（および/または壁の厚さ）の寸法公差は、完全に10分の2、3ミリメートルの範囲内であることが好ましい。これらの公差とすることで、溶接の間、絶縁プレートおよび管状ポート延在部に対する流れ感知部材の正確な位置合わせが容易となる。

【 0 0 4 1 】

流れ感知部材の開放端は、515にて管状ポート延在部の溶接面に溶接される。管状ポート延在部の開放端および流れ感知部材の開放端は、選択されたポリマーの関数である溶接温度範囲内に加熱される。これは、例えば、管状ポート延在部および流れ感知部材の物理的に近接した溶接面間に挿入された抵抗加熱素子（例えば、セラミックまたは金属製の加熱要素）を使用し、溶接すべき面を局所的に加熱することで行うことができる。溶接面および開放端が所望の温度に達すると、加熱要素が除去され、開放端と溶接面とを同時に接触させる。上記のように、同時溶接の利点は、流れ感知部材の長さがほとんど等しくなり、流量計で使用される場合、流れ感知部材が等しい（またはほぼ等しい）慣性モーメントを持つことになることである。同様に、同時溶接は、流れ感知部材の適切な位置決めを容易にし、流れ感知部材の位置に基づく寸法が $\pm 0.2\text{ mm}$ 以内になるようにする。内径および外径などの他の寸法もまた、好ましくは目標寸法の $\pm 0.2\text{ mm}$ 以内である。溶接の他の利点は、溶接部の両側からポリマーが流れることによって、流量計の性能を低下または低減させ得る別体の機械的ジョイントなしに、管状ポート延在部120に対し流れ感知部材140がシームレスに一体化されることである。

【 0 0 4 2 】

流れ感知部材を保持するために固定具を使用し、同時且つ正確な溶接が容易となるようにすることができる。例えば、流れ感知部材の開放端を、互いに対して、また管状ポート延在部の溶接面に対して、正確に位置付けるように構成された固定具に必要に応じて配置することで、寸法公差が満たされるようにすることができる。固定具はまた、正確かつ制御された方法で流れ感知部材を並進するように構成される。そのような固定具の例としては、工作機械に使用される並進テーブルが含まれ、これは、既知の平面性（例えば、 0.0001 インチ内の平面性）を有する表面を含んだものである。

【 0 0 4 3 】

いくつかの例では、マニホールド流体通路125を通して、流れ感知部および管状ポート延在部の内側の、ポリマージョイント（図3において要素305として示されている）に対応する部位に、1以上のピンを挿入することができる。この例が図6に示されており、ここでは、ピン610は、管状ポート延在部620および流れ感知部材640内の、ポリマージョイント605に対応する部位にある。典型的には、ピン610は、管状ポート延在部620、流れ感知部材640およびポリマージョイント605の内面と密に接触することになる。しかしながら、明確化のために、図6ではピン605とこれらの表面とがいくらか離れて示されている。ピンは、マニホールドおよび流れ感知部材を作製するために使用されるポリマーの溶接温度範囲で機械的および化学的に安定である任意の非汚染材料から作られ、ポリマージョイント305から流れ通路の内部へのポリマーの押出または流れを阻止するために使用される。これは、正確な測定のために必要な、遮るもののない流れ通路の連続性を維持する。そしてピンは、ポリマージョイント305の固化後に除去される。

【 0 0 4 4 】

次に、組み立てられたマニホールド110は、520にて、上記の各プロセスの間に導入された機械的応力を許容するように、制御された方法で冷却される。冷却の温度および対時間温度プロファイルは、組み立て流量計を作製するために使用されるポリマーの関数

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 4 5 】

アニール処理のもう 1 つの利点は、制御不能な冷却プロセスまたはより速い速度での冷却の間に、管状部分を横切る過度の温度勾配によって生じる過度のポリマーの流れおよび反りのリスクを低減することである。これは、管状要素の寸法制御を数千分の 1 インチ以内に維持するのに役立つ。これは、振動する各流れ感知部材において、慣性モーメントを実質的に等しく保つために使用される。

【 0 0 4 6 】

その他の考慮事項

本開示の実施形態の前述の説明は、例示目的で提示されている。網羅的であること、または開示された正確な形態に、特許請求の範囲を限定することを企図したものではない。関連する技術の当業者であれば、上記の開示に照らし、多くの修正および変形が可能であることを理解できるであろう。

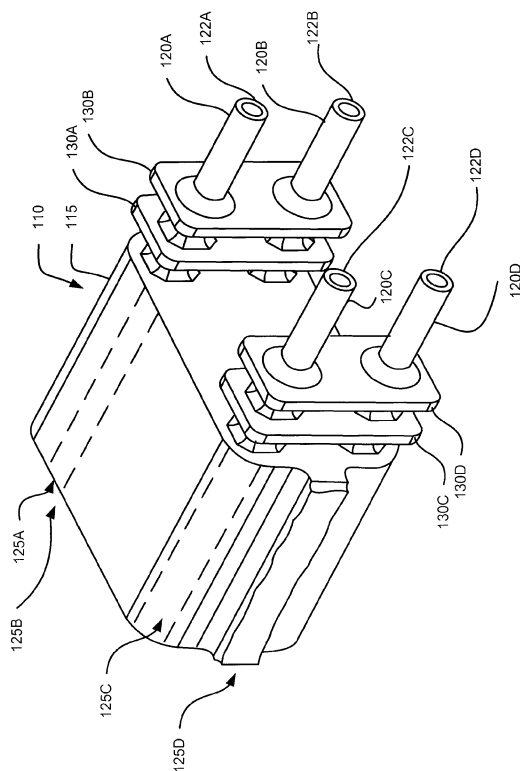
【 0 0 4 7 】

最後に、本明細書で使用される言語は、主として読み易さおよび取り扱い (instructional) の目的のために選択されており、本発明の主旨を限定するために選択されていない。従って、本開示の範囲は、この詳細な説明によってではなく、ベースとした本願に由来する特許請求の範囲によって限定されるものである。従って、実施形態の開示は、例示を意図したものであって、添付の特許請求の範囲に記載される本発明の範囲を限定するものではない。

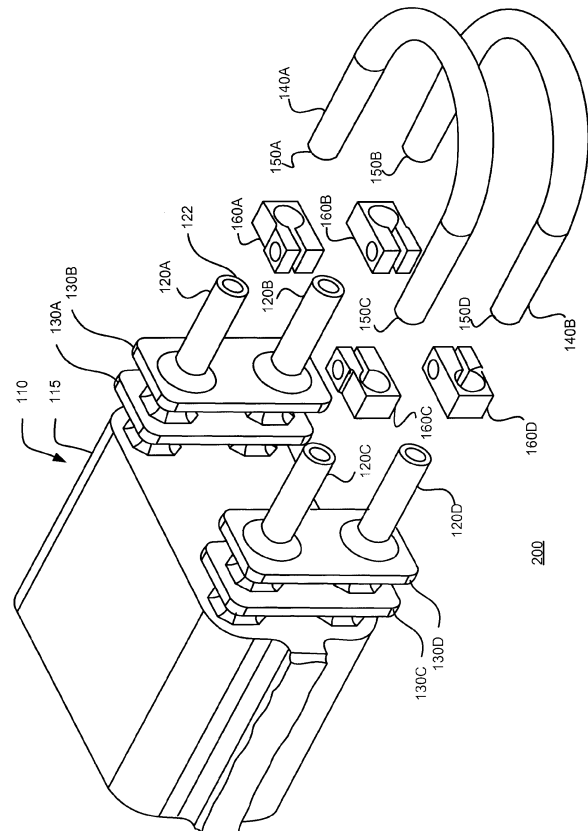
10

20

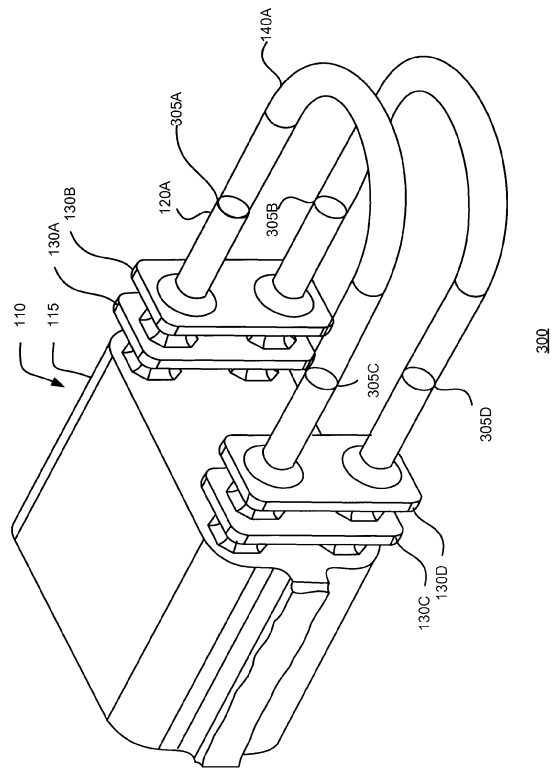
【 図 1 】



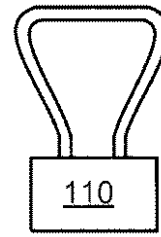
【 図 2 】



【図 3】

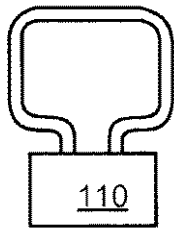


【図 4 A】



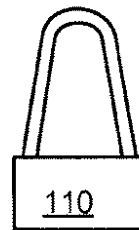
405

【図 4 B】



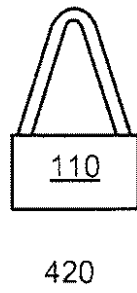
410

【図 4 C】



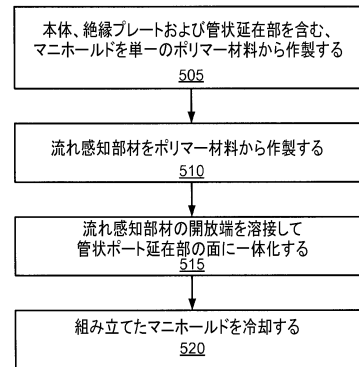
415

【図 4 D】

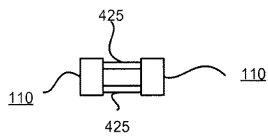


【図 5】

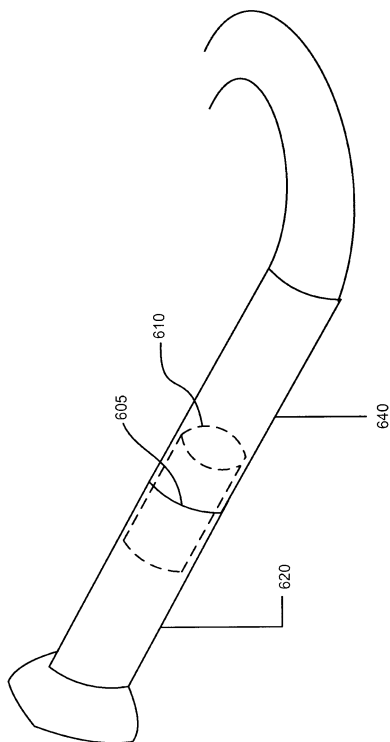
500



【図 4 E】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 アラン エム・ヤング

アメリカ合衆国 33487 フロリダ州 ボカ ラトン サウス ロジャース サークル 10
60 マレマ エンジニアリング コーポレーション内

審査官 公文代 康祐

(56)参考文献 特表2003-525437(JP,A)

特表2013-519878(JP,A)

特開2011-058950(JP,A)

特表平09-501493(JP,A)

特開2012-025008(JP,A)

米国特許出願公開第2006/0048897(US,A1)

特開平08-052805(JP,A)

特開平09-057856(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/84

B29C 63/00 - 63/48, 65/00 - 65/82