

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6474659号
(P6474659)

(45) 発行日 平成31年2月27日(2019.2.27)

(24) 登録日 平成31年2月8日(2019.2.8)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 F 1/66 (2006.01) GO 1 F 1/66 Z
 GO 1 F 1/66 1 O 1

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-61139 (P2015-61139)	(73) 特許権者	000116633 愛知時計電機株式会社
(22) 出願日	平成27年3月24日 (2015.3.24)		愛知県名古屋市熱田区千年1丁目2番70号
(65) 公開番号	特開2016-180691 (P2016-180691A)		号
(43) 公開日	平成28年10月13日 (2016.10.13)	(74) 代理人	100112472 弁理士 松浦 弘
審査請求日	平成30年2月16日 (2018.2.16)	(74) 代理人	100188226 弁理士 池田 俊達
		(72) 発明者	服部 浩 愛知県名古屋市熱田区千年一丁目2番70号 愛知時計電機株式会社内
		(72) 発明者	後藤 慎治 愛知県名古屋市熱田区千年一丁目2番70号 愛知時計電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 消音器付き超音波流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 対の送受波器の間で超音波を送受波することで計測流路を流れる流体の流量を計測する流量計測部の上流側に消音器が備えられた消音器付き超音波流量計であって、

前記計測流路は、断面矩形状をなすと共に、前記 1 対の送受波器は、前記計測流路の中心軸上に対向配置され、

前記消音器には、

前記計測流路と同軸に配置される筒形ボディと、

前記筒形ボディの内周面に嵌合される環状障害壁と、

前記環状障害壁の内側に形成される中央孔を覆うと共に、前記筒形ボディの内周面との間に環状隙間を形成する中央障害壁と、

前記環状障害壁と前記中央障害壁とが前記筒形ボディの軸方向で交互に配置されるように、前記環状障害壁と前記中央障害壁とを連結する複数の支柱と、が備えられている消音器付き超音波流量計において、

各前記支柱は、前記筒形ボディの中心軸方向から見たときに、その支柱と前記筒形ボディの中心軸とを結ぶ直線と前記計測流路の流路断面の長手方向とのなす角度が45度以下となる範囲に配置されている消音器付き超音波流量計。

【請求項 2】

前記複数の支柱は、前記筒形ボディの周方向で180度離れた位置に配置される1対の対向支柱のみからなる請求項 1 に記載の消音器付き超音波流量計。

10

20

【請求項 3】

前記 1 対の対向支柱が前記計測流路の流路断面の長手方向に一致している請求項 2 に記載の消音器付き超音波流量計。

【請求項 4】

1 対の送受波器の間で超音波を送受波することで計測流路を流れる流体の流量を計測する流量計測部の上流側に消音器が備えられた消音器付き超音波流量計であって、

前記 1 対の送受波器は、前記計測流路の中心軸と斜めに交差する方向に対向配置され、前記消音器には、

前記計測流路と同軸に配置される筒形ボディと、

前記筒形ボディの内周面に嵌合される環状障害壁と、

前記環状障害壁の内側に形成される中央孔を覆うと共に、前記筒形ボディの内周面との間に環状隙間を形成する中央障害壁と、

前記環状障害壁と前記中央障害壁とが前記筒形ボディの軸方向で交互に配置されるように、前記環状障害壁と前記中央障害壁とを連結する複数の支柱と、が備えられている消音器付き超音波流量計において、

前記複数の支柱は、前記筒形ボディの軸方向から見たときに、前記 1 対の送受波器に対する周方向のズレが 45 度以上、90 度以下となる範囲に配置されている消音器付き超音波流量計。

【請求項 5】

前記複数の支柱は、前記筒形ボディの周方向で 180 度離れた位置に配置される 1 対の対向支柱のみからなる請求項 4 に記載の消音器付き超音波流量計。

【請求項 6】

前記 1 対の対向支柱の対向方向が前記 1 対の送受波器の対向方向と直交する請求項 5 に記載の消音器付き超音波流量計。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、1 対の送受波器の間で超音波を送受波することで計測流路を流れる流体の流量を計測する流量計測部の上流側に消音器が備えられた消音器付き超音波流量計に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、この種の消音器付き超音波流量計として、消音器が、計測流路と同軸に配置される筒形ボディ内に、筒形ボディの内周面に嵌合される環状障害壁と、環状障害壁の中央孔を覆うと共に筒形ボディの内周面との間に環状の隙間を形成する中央障害壁とを交互に並べて備え、環状障害壁と中央障害壁とが複数の支柱で連結されたものが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2012 - 220428 号公報（段落 [0023] ~ [0026]、図 2）

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、上述した従来の消音器付き超音波流量計では、上流側に接続される配管の形状等の相違による計測値の変化が大きいという問題があった。

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、上流側に接続される配管に起因した計測値の変化を低減可能な消音器付き超音波流量計の提供を目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

本願発明者は、上記課題を解決すべく、鋭意検討した結果、計測値の変化が、環状障害壁と中央障害壁とを連結する複数の支柱の配置に依存するという知見を得た。具体的には、本願発明者は、断面矩形状の計測流路の中心軸上に1対の送受波器が対向配置される場合では、計測流路の軸方向から見て、各支柱と計測流路の中心軸を結ぶ直線が計測流路の流路断面の長手方向となす角が45度より大きく、90度以下であるときよりも、45度以下であるときの方が、計測値の変化が小さくなる、という知見を得た。また、本願発明者は、1対の送受波器が計測流路の中心軸と斜めに交差する方向に対向配置される場合では、計測流路の周方向における支柱の送受波器からのズレが45度未満のときよりも、ズレが45度以上、90度以下のときの方が、計測値の変化が小さくなる、という知見をも得た。これらの知見に基づいて、本願発明者は、以下の請求項1～5の発明に至った。

10

【0007】

即ち、上記目的を達成するためになされた請求項1の発明は、1対の送受波器の間で超音波を送受波することで計測流路を流れる流体の流量を計測する流量計測部の上流側に消音器が備えられた消音器付き超音波流量計であって、前記計測流路は、断面矩形状をなすと共に、前記1対の送受波器は、前記計測流路の中心軸上に対向配置され、前記消音器には、前記計測流路と同軸に配置される筒形ボディと、前記筒形ボディの内周面に嵌合される環状障害壁と、前記環状障害壁の内側に形成される中央孔を覆うと共に、前記筒形ボディの内周面との間に環状隙間を形成する中央障害壁と、前記環状障害壁と前記中央障害壁とが前記筒形ボディの軸方向で交互に配置されるように、前記環状障害壁と前記中央障害壁とを連結する複数の支柱と、が備えられている消音器付き超音波流量計において、各前記支柱は、前記筒形ボディの中心軸方向から見たときに、その支柱と前記筒形ボディの中心軸とを結ぶ直線と前記計測流路の流路断面の長手方向とのなす角度が45度以下となる範囲に配置されている消音器付き超音波流量計である。

20

【0008】

請求項2の発明は、前記複数の支柱は、前記筒形ボディの周方向で180度離れた位置に配置される1対の対向支柱のみからなる請求項1に記載の消音器付き超音波流量計である。

【0009】

請求項3の発明は、前記1対の対向支柱が前記計測流路の流路断面の長手方向に一致している請求項2に記載の消音器付き超音波流量計である。

30

【0010】

請求項4の発明は、1対の送受波器の間で超音波を送受波することで計測流路を流れる流体の流量を計測する流量計測部の上流側に消音器が備えられた消音器付き超音波流量計であって、前記1対の送受波器は、前記計測流路の中心軸と斜めに交差する方向に対向配置され、前記消音器には、前記計測流路と同軸に配置される筒形ボディと、前記筒形ボディの内周面に嵌合される環状障害壁と、前記環状障害壁の内側に形成される中央孔を覆うと共に、前記筒形ボディの内周面との間に環状隙間を形成する中央障害壁と、前記環状障害壁と前記中央障害壁とが前記筒形ボディの軸方向で交互に配置されるように、前記環状障害壁と前記中央障害壁とを連結する複数の支柱と、が備えられている消音器付き超音波流量計において、前記複数の支柱は、前記筒形ボディの軸方向から見たときに、前記1対の送受波器に対する周方向のズレが45度以上、90度以下となる範囲に配置されている消音器付き超音波流量計である。

40

【0011】

請求項5の発明は、前記複数の支柱は、前記筒形ボディの周方向で180度離れた位置に配置される1対の対向支柱のみからなる請求項4に記載の消音器付き超音波流量計である。

【0012】

請求項6の発明は、前記1対の対向支柱の対向方向が前記1対の送受波器の対向方向と

50

直交する請求項 5 に記載の消音器付き超音波流量計である。

【発明の効果】

【0013】

[請求項 1 ~ 3 の発明]

請求項 1 の発明では、計測流路が断面矩形状をなすと共に、1 対の送受波器が計測流路の中心軸上に対向配置されている。そして、本発明によれば、環状障害壁と中央障害壁を連結する各支柱は、筒形ボディの中心軸方向から見たときに、その支柱と筒形ボディの中心軸とを結ぶ直線と計測流路の流路断面の長手方向とのなす角度が 45 度以下となる範囲に配置されているので、上流側に接続される配管に起因した計測値の変化を低減することが可能となる。しかも、請求項 2 の発明のように、複数の支柱が筒形ボディの周方向で 180 度離れた位置に配置される 1 対の対向支柱のみからなる構成とすれば、支柱による圧損を低減しつつ、計測値の変化を効率よく低減することが可能となる。なお、1 対の対向支柱の対向方向は、計測流路の流路断面の長手方向に一致することが好ましい（請求項 3 の発明）。

10

【0014】

[請求項 4 ~ 6 の発明]

請求項 4 の発明では、1 対の送受波器が計測流路の中心軸と斜めに交差する方向に対向配置されている。そして、本発明によれば、複数の支柱は、筒形ボディの軸方向から見たときに、1 対の送受波器に対する周方向のズレが 45 度以上、90 度以下となる範囲に配置されているので、上流側に接続される配管に起因した計測値の変化を低減することが可能となる。しかも、請求項 5 の発明のように、複数の支柱が筒形ボディの周方向で 180 度離れた位置に配置される 1 対の対向支柱のみからなる構成とすれば、支柱による圧損を低減しつつ、計測値の変化を効率よく低減することが可能となる。なお、1 対の対向支柱の対向方向は、1 対の送受波器の対向方向と直交することが好ましい（請求項 6 の発明）。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る消音器付き超音波流量計の側面図

【図 2】消音器付き超音波流量計の側断面図

【図 3】インナーユニットの斜視図

【図 4】(A) 消音器付き超音波流量計の正断面図、(B) 別の例としての消音器付き超音波流量計の正断面図、(C) 参考例としての消音器付き超音波流量計の正断面図

30

【図 5】確認実験の概要を示す図

【図 6】実験例 1 の実験結果を示すグラフ

【図 7】実験例 2 の実験結果を示すグラフ

【図 8】実験例 3 の実験結果を示すグラフ

【図 9】エルボ管がされた場合の実験例 1 ~ 3 の実験結果を同一のグラフに重ねて示した図

【図 10】(A) 計測流路の長手方向に流速分布がある場合の流速分布と 1 対の送受波器の配置関係を示す図、(B) 計測流路の短手方向に流速分布がある場合の流速分布と 1 対の送受波器の配置関係を示す図

40

【図 11】(A) 乱流における流速分布の平滑化の概念図、(B) 層流における流速分布の平滑化の概念図

【図 12】1 対の対向支柱の対向方向と計測流路の長手方向が直交する場合における消音器付き超音波流量計の (A) 正断面図、(B) A - A 断面図

【図 13】1 対の対向支柱の対向方向と計測流路の長手方向が一致する場合における消音器付き超音波流量計の (A) 正断面図、(B) B - B 断面図

【図 14】第 2 実施形態に係る消音器付き超音波流量計における (A) 1 対の送受波器の対向方向で切断した断面図、(B) 1 対の送受波器の対向方向と直交する方向で切断した断面図

50

【図15】(A)消音器付き超音波流量計の正断面図、(B)別の例としての消音器付き超音波流量計の正断面図、(C)参考例としての消音器付き超音波流量計の正断面図

【図16】(A)1対の送受波器の対向方向に流速分布がある場合の流速分布と1対の送受波器の配置関係を示す図、(B)1対の送受波器の対向方向と直交する方向に流速分布がある場合の流速分布と1対の送受波器の配置関係を示す図

【図17】1対の対向支柱の対向方向と1対の送受波器の対向方向とが一致する場合における(A)正断面図、(B)C-C断面図

【図18】1対の対向支柱の対向方向と1対の送受波器の対向方向とが直交する場合における(A)正断面図、(B)D-D断面図

【図19】(A)変形例に係る消音器付き超音波流用計の正断面図、(B)変形例に係る消音器付き超音波流用計の正断面図

【図20】(A)変形例に係る消音器付き超音波流用計の正断面図、(B)変形例に係る消音器付き超音波流用計の正断面図

【発明を実施するための形態】

【0016】

[第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態を図1～図13に基づいて説明する。図1に示すように、本実施形態の消音器付き超音波流量計10(以下、単に「流量計10」という。)は、流体が流れる配管70(例えば、ガス管)の途中に取り付けられ、流量計測部11の上流側に消音器30を備えた構造になっている。なお、以下では、配管70のうち流量計10より上流側部分を上流側配管71と、流量計10より下流側部分を下流側配管72と、適宜、区別することにする。

【0017】

図2に示すように、流量計測部11は、計測流路20が内側に形成された計測管12と、計測流路20を流れる流体の流量を計測するための1対の送受波器21,21と、を備えている。具体的には、計測管12は、軸方向の中間部で内側断面積が段付き状に小さくなって、内側断面積の小さな小径部14が内側断面積の大きな大径部13,13に軸方向で挟まれた構造になっている。そして、1対の大径部13,13に、超音波を送受波可能な1対の送受波器21,21が固定して備えられることで、小径部14の内側部分に、直線状に伸びた計測流路20が形成されている。ここで、1対の送受波器21,21は、計測流路20の中心軸上に配置されている。なお、図2では、1対の送受波器21,21を計測管12に固定するための機構は省略して示されている。

【0018】

図4(A)に示すように、本実施形態では、計測流路20の断面形状は、矩形状になっている。具体的には、計測流路20の断面における短手方向では、計測流路20の長さは、送受波器21の長さとはほぼ同じ大きさになっていて、長手方向では、計測流路20の長さは、送受波器の長さの約2～20倍となっている。

【0019】

図2に示すように、消音器30は、計測管12に接続される筒形ボディ31を有している。筒形ボディ31は、円筒状をなして計測管12(計測流路20)と同軸に配置され、筒形ボディ31の内径は、上流側配管71の内径よりも大径となっている。詳細には、筒形ボディ31の内径は、計測管12の大径部13の内径と同一径となっている。また、筒形ボディ31の両端部にはフランジ31F,31Fが備えられ、それらフランジ31F,31Fが上流側配管71のフランジ71Fと計測管12のフランジ12Fに重ねられて連結されている。

【0020】

筒形ボディ31の内部には、環状障害壁43と中央障害壁44とが一定の間隔をあけて交互に並べて備えられ、それら環状障害壁43及び中央障害壁44によって筒形ボディ31の内部が複数の部屋36,36,・・・に仕切られている。

【0021】

10

20

30

40

50

環状障害壁 4 3 は、円環状をなして径方向中央に中央孔 4 3 A を有し、筒形ボディ 3 1 の内周面 3 1 M に嵌合されている。中央障害壁 4 4 は、円形状をなして、筒形ボディ 3 1 の内周面 3 1 M との間に環状隙間 4 4 A を形成する。ここで、中央障害壁 4 4 の大きさは、環状障害壁 4 3 の中央孔 4 3 A よりも大径となっていて、中央障害壁 4 4 と中央孔 4 3 A が筒形ボディ 3 1 の軸方向で対向配置されている。また、環状障害壁 4 3 と環状隙間 4 4 A も筒形ボディ 3 1 の軸方向で対向配置されている。このように、本実施形態では、中央障害壁 4 4 が環状障害壁 4 3 の中央孔 4 3 A を覆うように配置されていて、中央孔 4 3 A と環状隙間 4 4 A とが筒形ボディ 3 1 の軸方向で重ならないようになっている。

【 0 0 2 2 】

図 3 に示すように、環状障害壁 4 3 と中央障害壁 4 4 は、複数の支柱 4 7 によって連結されてインナーユニット 4 0 を構成している。支柱 4 7 は、環状障害壁 4 3 よりも大径なフランジ壁 4 1 から起立して筒形ボディ 3 1 の軸方向に延び、環状障害壁 4 3 と中央障害壁 4 4 とを貫通して、環状障害壁 4 3 と中央障害壁 4 4 との間を一定の間隔で固定している。図 2 に示されるように、インナーユニット 4 0 は、筒形ボディ 3 1 の上流側の開口部 3 2 から挿入され、フランジ壁 4 1 を筒形ボディ 3 1 のフランジ 3 1 F と上流側配管 7 1 のフランジ 7 1 F との間に挟むことで筒形ボディ 3 1 内に位置決めされている。なお、フランジ壁 4 1 の中央部に貫通形成された円形孔 4 1 A は、例えば、中央孔 4 3 A と同一径となっている（図 2 参照）。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、複数の支柱 4 7 は、筒形ボディ 3 1 の周方向で 1 8 0 度離れた位置に対をなして配置される 1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T のみで構成されている。このように、本実施形態では、環状障害壁 4 3 と中央障害壁 4 4 を連結する支柱 4 7 の数が 2 つのみとなっているので、支柱 4 7 による流体の圧損を低減することが可能となっている。

【 0 0 2 4 】

図 4 (A) 及び図 4 (B) に示すように、各対向支柱 4 7 T は、筒形ボディ 3 1 の軸方向から見たときに、対向支柱 4 7 T と筒形ボディ 3 1 の中心軸を結ぶ直線 L 1 と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 4 5 度以下となる範囲に配置される。言い換えれば、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 4 5 度以下となっている。図 4 (A) と図 4 (B) とには、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 0 度のもの（即ち、両方向が一致するもの）と、4 5 度のものが示されている。また、図 4 (C) には、本発明の技術的範囲に属しない参考例として、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 9 0 度のものが示されている。

【 0 0 2 5 】

本実施形態に係る流量計 1 0 の構成に関する説明は以上である。次に、流量計 1 0 の作用効果について説明する。

【 0 0 2 6 】

本実施形態の流量計 1 0 では、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 4 5 度以下（図 4 (A) 及び図 4 (B) 参照）になっているので、以下の〔確認実験〕で説明するように、上流側に接続される配管に起因した計測値の変化を低減することが可能となる。しかも、本実施形態では、複数の支柱 4 7 が 1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T のみからなるので、支柱 4 7 による圧損を低減しつつ、計測値の変化を効率よく低減することが可能となる。なお、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路の流路断面の長手方向とのなす角は、0 度とすることが好ましい（図 4 (A) 参照）。

【 0 0 2 7 】

〔確認実験〕

本発明に係る流量計 1 0 の効果を、実験により確認した。具体的には、図 5 に示すように、流量計 1 0 の上流側に試験用配管 8 1 を、下流側にストレート管 8 2 を接続し、ストレート管 8 2 の下流側寄り部分に標準器 8 5 を取り付け付けた。そして、ストレート管 8 2 の

10

20

30

40

50

下流側に接続したブロワ 8 3 にて室内空気を吸引し、流量計 1 0 と標準器 8 5 の計測値のズレを測定した。実験条件及び実験結果は、以下の通りである。

【 0 0 2 8 】

[実験条件]

流量計 1 0 における 1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の配置を、図 4 (A) と図 4 (B) に示す配置としたもの実験例 1 , 2 とした。また、流量計 1 0 において 1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の配置を図 4 (C) に示す配置としたものを、実験例 3 とした。流量については、ブロワ 8 3 の最大吸引量を 1 0 0 % としたときに、0 ~ 1 0 0 % の範囲で吸引量を変化させて、空気の流量を変化させた。そして、実験例 1 ~ 3 について、各流量における計測値のズレを測定した。試験用配管 8 1 としては、ストレート管とエルボ管の 2 種類を用いた (図 5 には、エルボ管の例が示されている) 。標準器 8 5 としては、臨界ノズルを使用した。なお、試験中の室内温度は 2 3 、室内圧力は大気圧、室内湿度は 5 0 % R H である。

10

【 0 0 2 9 】

[実験結果]

実験例 1 ~ 3 の実験結果を図 6 ~ 図 8 に示す。図 6 ~ 図 8 において、縦軸の計測値のズレ (%) は、各実験例 1 ~ 3 の流量計の計測値と標準器 8 5 の計測値との差を、標準器 8 5 の計測値で除することで算出した。図 6 ~ 図 8 に示すように、実験例 1 ~ 3 の何れについても、流量が 0 ~ 3 0 % の範囲で、計測値のズレ (%) が大きくなっている。また、流量 0 ~ 3 0 % の範囲では、実験例 1 ~ 3 の何れについても、試験用配管 8 1 としてエルボ管を用いた場合の方が、ストレート管を用いた場合よりも、計測値のズレ (%) が大きくなっている。

20

【 0 0 3 0 】

図 9 には、試験用配管 8 1 としてエルボ管が用いられた場合における実験例 1 ~ 3 の結果の流量 0 ~ 4 0 % の範囲が拡大して示されている。同図に示されるように、計測値のズレ (%) は、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向のなす角が 9 0 度の場合 (図 4 (C) 参照) で、- 0 . 6 9 % ~ 0 . 8 8 % 、4 5 度の場合 (図 4 (B) 参照) で、- 0 . 4 1 % ~ 0 . 5 6 % 、0 度の場合 (図 4 (A) 参照) で、- 0 . 4 6 % ~ 0 . 3 1 % となっていて、両方向のなす角が小さくなるに従って、計測値のズレ (%) が小さくなっていることが分かる。このことから、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 4 5 度以下の場合には、その角が 4 5 度より大きい場合よりも、上流側の配管 (試験用配管 8 1) に起因した計測値の変化が低減されることが確認できた。

30

【 0 0 3 1 】

なお、流量計 1 0 の効果の原因については、以下のことが推測される。この推測について説明する前に、まず、消音器 3 0 が無い場合を考える。この場合において、図 1 0 (A) に示すように、計測流路 2 0 の流路断面の長手方向に流体の流速分布があると、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 が送受波する超音波は、ある流速で流れる流体の部分のみを通過し、超音波の通過領域に流速分布が反映されない。このため、流体の流速の平均値を計測することが困難となり、流量計測値が安定し難くなる。なお、図 1 0 (B) に示すように、計測流路 2 0 の流路断面の短手方向に流体の流速分布がある場合には、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 が送受波する超音波の通過領域に流速分布が反映されるので、流速の平均値を計測することが可能となり、流量計測値が安定し易くなる。このように、流量計測値が変化する一因として、流体の流速分布が考えられる。

40

【 0 0 3 2 】

次に、消音器 3 0 がある場合について考える。流量計測部 1 1 の上流側に消音器 3 0 があると、環状障害壁 4 3 と中央障害壁 4 4 とによって、流体は、筒形ボディ 3 1 の径方向中央側と径方向外側との間を行き来しながら蛇行するよう流れる。このように、消音器 3 0 では、筒形ボディ 3 1 の軸方向に直線状に流体が流れる場合と比較して、流体が流れる距離が長くなるので、流体の流速分布が平滑化されやすくなる。図 1 1 (A) 及び図

50

11(B)には、流体の流れが乱流である場合と、層流である場合における流速分布の平滑化が概念的に示されている(図11(A)及び図11(B)では、矢印の大きさが流速の大きさを表している。)

【0033】

ところで、一般に、層流は、流速が比較的低い場合に起こり易く、乱流は、流速が比較的高い場合に起こり易いことが知られている。従って、層流と乱流が切り替わる遷移域では、図11(A)及び図11(B)に示した何れの平滑化も起こり難く、消音器30による平滑化の効果が低下することが考えられる。図6～図8に示した実験結果において、流量0～30%の範囲で計測値のズレ(%)が大きくなっていることの原因は、流体の流れが遷移域となっていることが原因であると推測される。

10

【0034】

ここで、計測流路20の流路断面の長手方向に流体の流速分布がある場合において、1対の対向支柱47T, 47Tの対向方向と計測流路20の流路断面の長手方向とのなす角が90度であると、図12に示すように、流体の流れは、対向支柱47T, 47Tによって流速が速い部分と遅い部分とに分けられる(図12では、矢印の大きさが流速の大きさを表している。)。従って、消音器30内を流れる流体は、筒形ボディ31の径方向中央側から径方向外側へ移動し、再び径方向中央側へ戻ってくるまでの間、流速分布が速い部分と遅い部分が混ざり合うことが困難となり、流速分布の平滑化にかかる時間が長くなることが予想される。

【0035】

20

これに対し、1対の対向支柱47T, 47Tの対向方向と計測流路20の流路断面の長手方向とのなす角度が0度であると、図13に示すように、対向支柱47T, 47Tによって分けられた流体は、対向支柱47T, 47Tによって分けられる前の流速分布と同様の流速分布を有することとなる(図13では、矢印の大きさが流速の大きさを表している。)。従って、筒形ボディ31の径方向中央側から径方向外側へ移動し、再び径方向中央側へ戻ってくるまでの間、流速分布が速い部分と遅い部分が混ざり易くなり、流速分布の平滑化にかかる時間が短くなることが予想される。

【0036】

以上、纏めると、消音器30による流速分布の平滑化にかかる時間は、1対の対向支柱47T, 47Tの対向方向と計測流路20の流路断面の長手方向とのなす角度に依存して変化すると考えられる。この変化は、特に、層流と乱流の遷移域において顕著であると考えられる。そして、1対の対向支柱47T, 47Tの対向方向と計測流路20の流路断面の長手方向とのなす角度が0度～45度の範囲になる場合、その角度が45度～90度の範囲にあるときよりも、平滑化にかかる時間が短くなると考えられる。そして、この平滑化にかかる時間の相違が、実験例1～3の計測値のズレ(%)の相違となって表れていると推測される。

30

【0037】

[第2実施形態]

以下、本実施形態の第2実施形態を図14～図18に基づいて説明する。図14(A)及び図14(B)に示すように、本実施形態の消音器付き超音波流量計10V(以下、単に、流量計10Vという。)は、主として、流量計測部11Vの構成が上記第1実施形態の流量計測部11の構成と異なっている。具体的には、計測流路20Vは、断面円形状になっていて、1対の送受波器21, 21は、計測流路20の中心軸と斜めに交差する方向で対向配置されるように計測管12に固定して備えられている。

40

【0038】

本実施形態では、複数の支柱47は、筒形ボディ31の軸方向から見たときに、1対の送受波器21, 21に対する周方向のズレが45度以上、90度以下となる範囲に配置されている(図15(A)及び図15(B)参照)。詳細には、本実施形態では、上記第1実施形態と同様に、複数の支柱47が1対の対向支柱47T, 47Tのみで構成され、筒形ボディ31の軸方向から見たときに、1対の対向支柱47T, 47Tの対向方向と1対

50

の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向とのなす角が 4 5 度以上、9 0 度以下となっている。なお、図 1 5 (A) と図 1 5 (B) とには、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と 1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の流路断面の長手方向とのなす角が 9 0 度のもの (即ち、両方向が直交するもの) と、4 5 度のものが示されている。また、図 1 5 (C) には、本発明の技術的範囲に属しない参考例として、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向とのなす角が 0 度のものが示されている。

【 0 0 3 9 】

流量計 1 0 V のその他の構成は、上記第 1 実施形態と同様になっているので、同一符号を付すことで説明を省略する。本実施形態によれば、上記実施形態と同様の効果を奏することが可能となる。

10

【 0 0 4 0 】

なお、流量計 1 0 V の効果の原因については、以下のことが推測される。この推測の説明においても、記第 1 実施形態のときと同様に、まず、消音器 3 0 が無い場合を考える。この場合において、図 1 6 (A) に示すように、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向に流体の流速分布があると、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 が送受波する超音波の通過領域に流速分布が反映されるので、流速の平均値を計測することが可能となり、流量計測値が安定し易くなる一方、図 1 6 (B) に示すように、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向と直交する方向に流体の流速分布があると、超音波の通過領域に流速分布が反映されない。このため、流体の流速の平均値を計測することが困難となり、流量計測値が安定し難くなるこのように、本実施形態においても、流量計測値が変化する一因として、流体の流速分布が考えられる。なお、図 1 6 (A) 及び図 1 6 (B) では、矢印の大きさが流速の大きさを表している。

20

【 0 0 4 1 】

次に、消音器 3 0 がある場合について考える。上記第 1 実施形態と同様に、消音器 3 0 では、筒形ボディ 3 1 内を流体が蛇行しながら流れるので、筒形ボディ 3 1 の軸方向に直線状に流体が流れる場合と比較して、流体が流れる距離が長くなり、流体の流速分布が平滑化されやすくなる。

【 0 0 4 2 】

ここで、筒形ボディ 3 1 の軸方向から見て、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向と直交する方向に流体の流速分布がある場合に、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と 1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向とのなす角が 0 度であると、図 1 7 に示すように、流体の流れは、対向支柱 4 7 T , 4 7 T によって流速が速い部分と遅い部分とに分けられる (図 1 7 では、矢印の大きさが流速の大きさを表している。) 。従って、消音器 3 0 内を流れる流体は、流速分布が速い部分と遅い部分が混ざり合うことが困難となり、流速分布の平滑化にかかる時間が長くなることが予想される。

30

【 0 0 4 3 】

これに対し、筒形ボディ 3 1 の軸方向から見て、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と 1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向とが直交していると、図 1 8 に示すように、対向支柱 4 7 T , 4 7 T によって分けられた流体は、対向支柱 4 7 T , 4 7 T によって分けられる前の流速分布と同様の流速分布を有することとなる (図 1 8 では、矢印の大きさが流速の大きさを表している。) 。従って、消音器 3 0 内を流れる流体は、流速分布が速い部分と遅い部分が混ざり易くなり、流速分布の平滑化にかかる時間が短くなることが予想される。

40

【 0 0 4 4 】

以上、纏めると、消音器 3 0 による流速分布の平滑化にかかる時間は、筒形ボディ 3 1 の軸方向かた見たときの 1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と 1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向とのなす角度に依存して変化すると考えられる。そして、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T の対向方向と 1 対の送受波器 2 1 , 2 1 の対向方向とのなす角度が 4 5 ~ 9 0 度の範囲にある場合、その角度が 0 度 ~ 4 5 度の範囲にある場合よりも、平滑化にかかる時間が短くなると考えられる。

50

【 0 0 4 5 】

〔 他 の 実 施 形 態 〕

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、例えば、以下に説明するような実施形態も本発明の技術的範囲に含まれ、さらに、下記以外にも要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することができる。

【 0 0 4 6 】

(1) 上記第 1 実施形態では、支柱 4 7 を 2 本のみ備えた構成であったが、筒形ボディ 3 1 の軸方向から見たときに、各支柱 4 7 が、その支柱 4 7 と筒形ボディ 3 1 の中心軸とを結ぶ直線と計測流路 2 0 の流路断面の長手方向とのなす角が 4 5 度以下の範囲に配置されていれば、図 1 9 (A) 及び図 1 9 (B) に示すように、3 本以上備えた構成であってもよい。なお、この場合において、複数の支柱 4 7 には、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T を含む構成であってもよいし、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T を含まない構成であってもよい。

10

【 0 0 4 7 】

(2) 上記第 2 実施形態では、支柱 4 7 を 2 本のみ備えた構成であったが、筒形ボディ 3 1 の軸方向から見たときに、1 対の送受波器 2 1 , 2 1 に対する周方向のズレが 4 5 度以上、9 0 度以下となる範囲に各支柱 4 7 が配置されていれば図 2 0 (A) 及び図 2 0 (B) に示すように、3 本以上備えた構成であってもよい。なお、この場合において、複数の支柱 4 7 には、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T を含む構成であってもよいし、1 対の対向支柱 4 7 T , 4 7 T を含まない構成であってもよい。

20

【 0 0 4 8 】

(3) 上記実施形態では、中央障害壁 4 4 は円形であったが、四角形状であってもよいし楕円形状であってもよい。また、上記実施形態では、環状障害壁 4 3 は円形であったが、四角形状であってもよいし楕円形状であってもよい。

【 0 0 4 9 】

(4) 上記実施形態では、環状障害壁 4 3 と中央障害壁 4 4 を複数ずつ備えた構成であったが、1 つずつ備えた構成であってもよい。

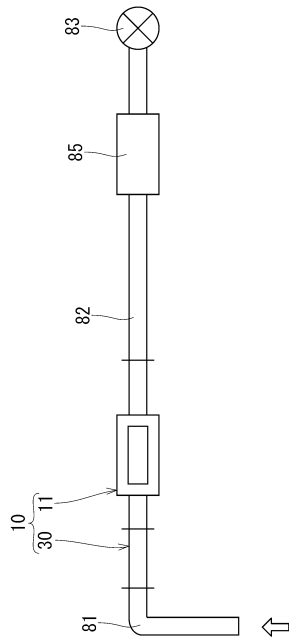
【 符 号 の 説 明 】

【 0 0 5 0 】

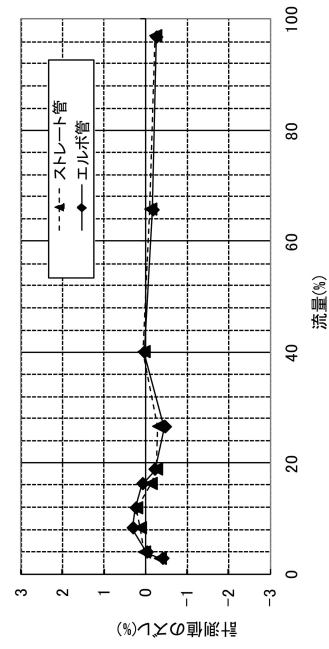
1 0 , 1 0 V	消音器付き超音波流量計
1 1 , 1 1 V	流量計測部
2 0 , 2 0 V	計測流路
2 1 , 2 1 V	送受波器
3 0	消音器
4 3	環状障害壁
4 4	中央障害壁
4 7	支柱
4 7 T	対向支柱

30

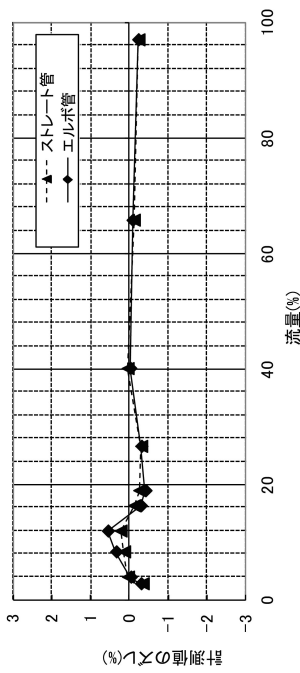
【図5】



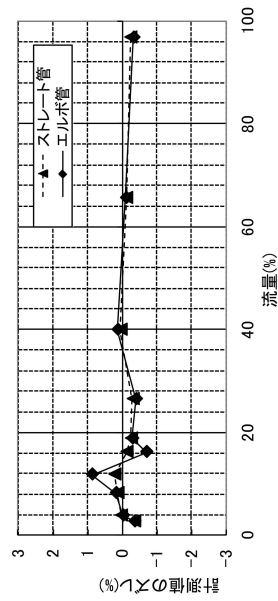
【図6】



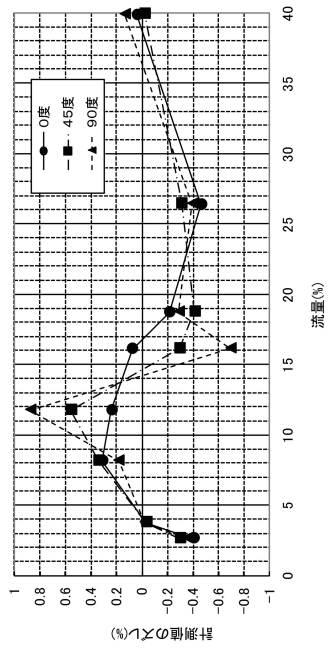
【図7】



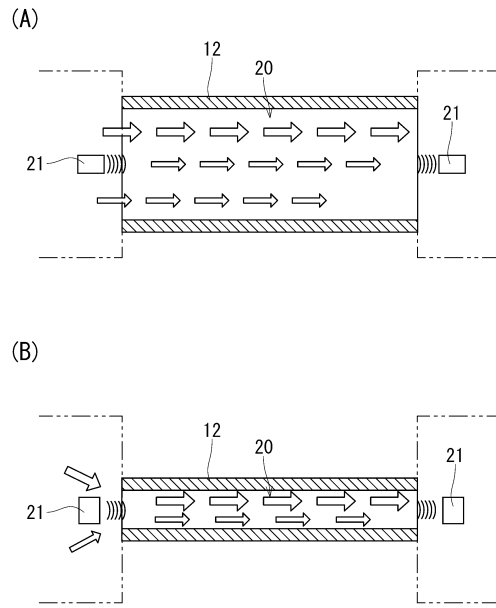
【図8】



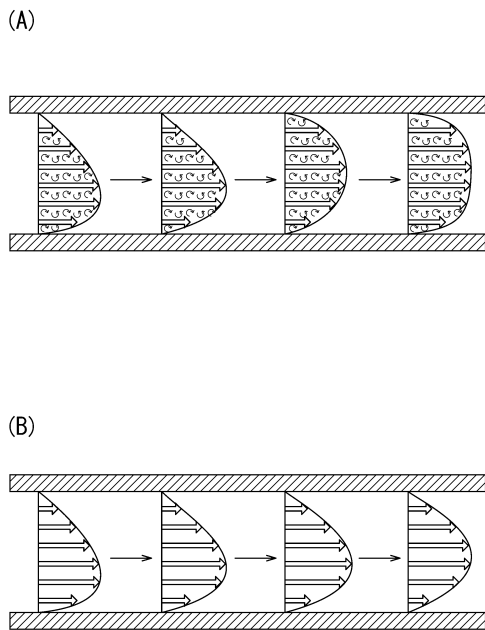
【図 9】



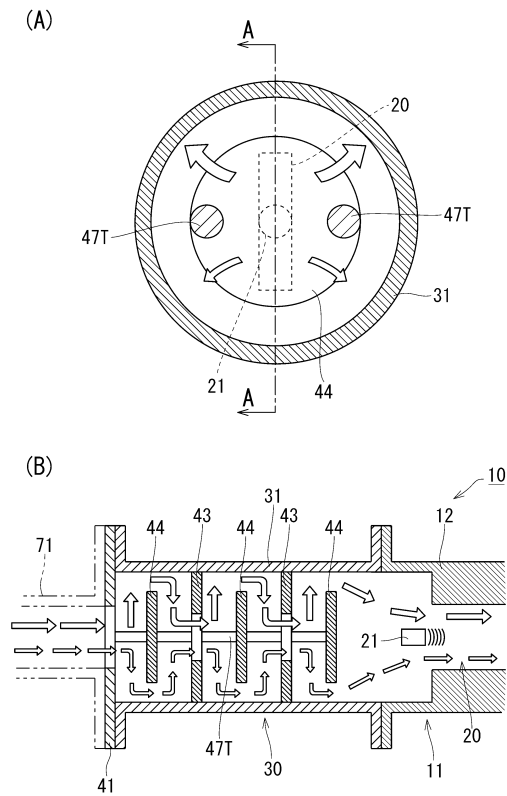
【図 10】



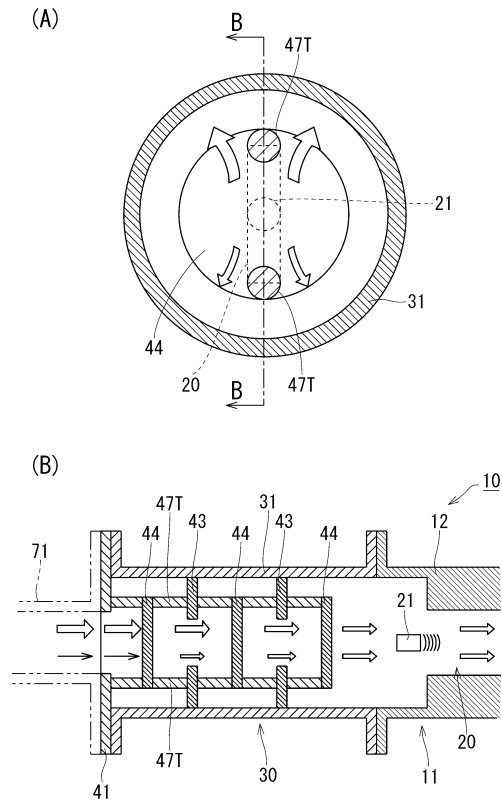
【図 11】



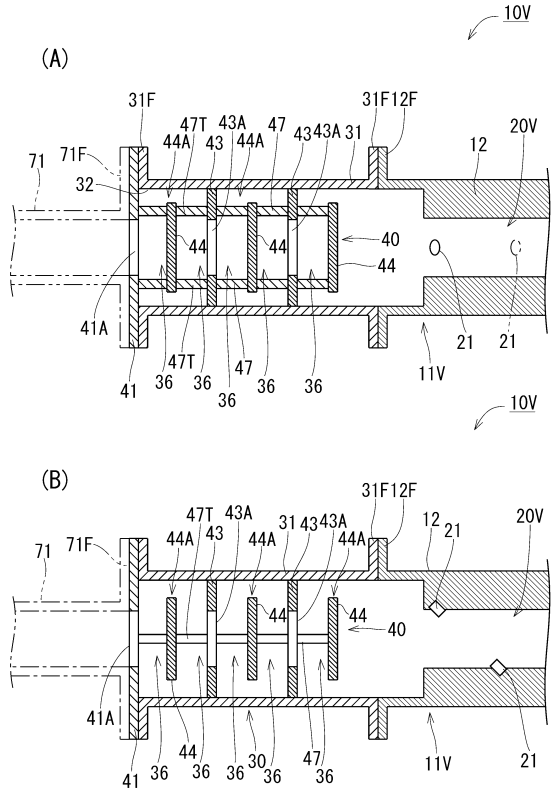
【図 12】



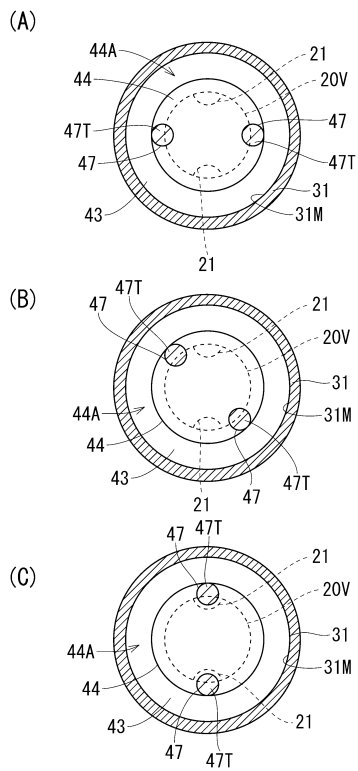
【 図 1 3 】



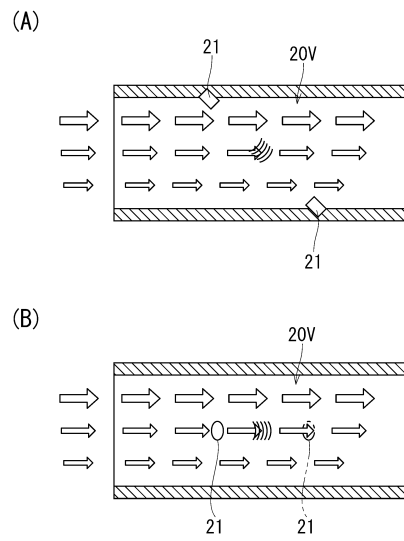
【 図 1 4 】



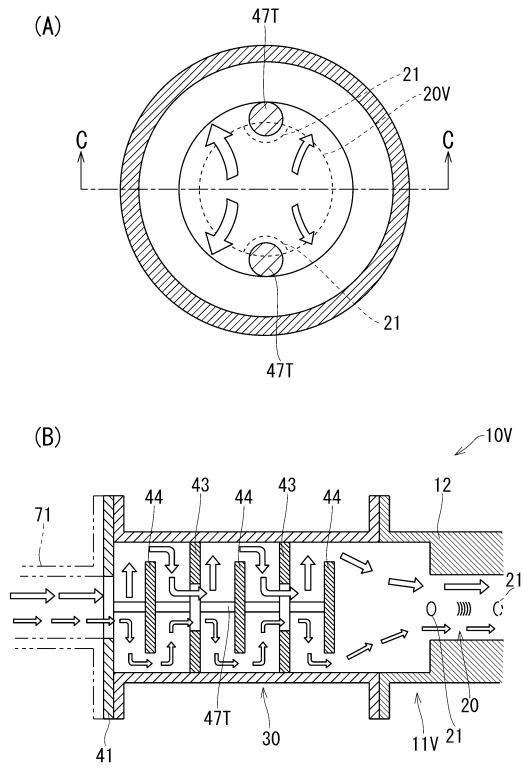
【 図 1 5 】



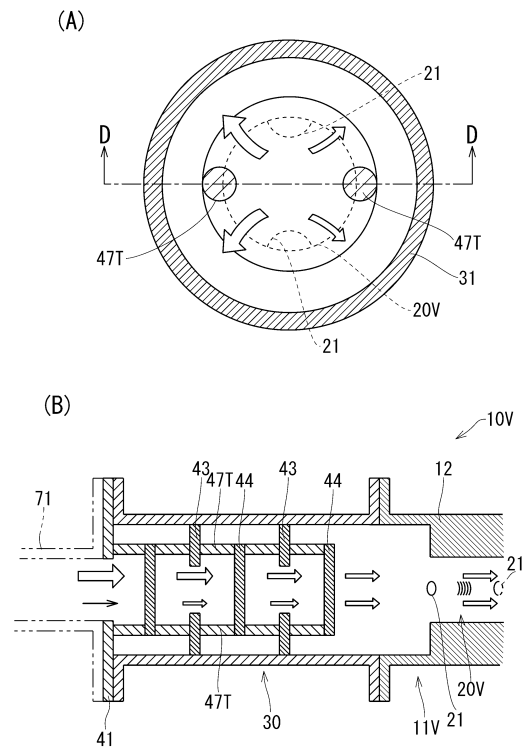
【 図 1 6 】



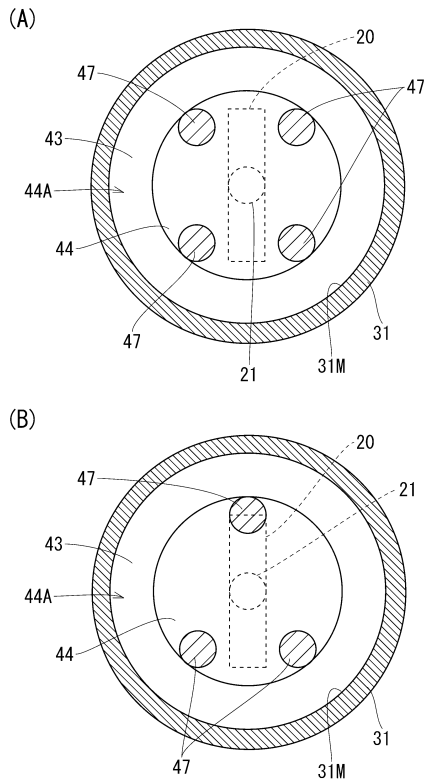
【 図 1 7 】



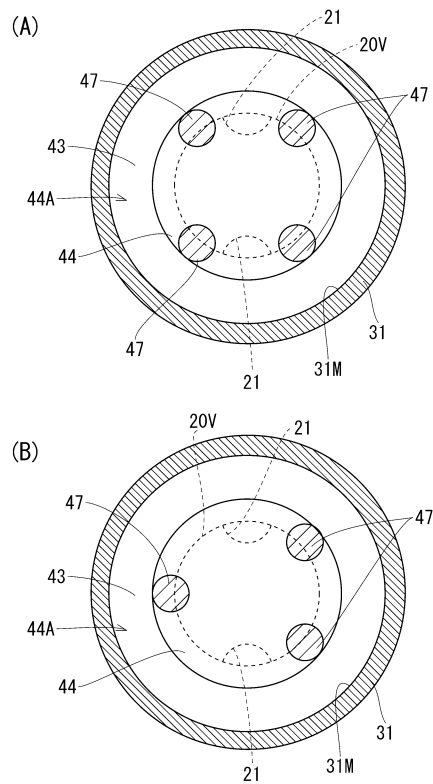
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

審査官 羽飼 知佳

- (56)参考文献 特開2012-220428(JP,A)
特開2013-127443(JP,A)
特開2015-040715(JP,A)
国際公開第1999/022207(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01F 1/66
G01F 1/00