

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5735807号  
(P5735807)

(45) 発行日 平成27年6月17日(2015.6.17)

(24) 登録日 平成27年4月24日(2015.4.24)

(51) Int.Cl.

G01N 11/12 (2006.01)  
G01N 9/00 (2006.01)

F 1

G01N 11/12  
G01N 9/00Z  
Z

請求項の数 7 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2011-887 (P2011-887)  
 (22) 出願日 平成23年1月6日(2011.1.6)  
 (65) 公開番号 特開2011-141280 (P2011-141280A)  
 (43) 公開日 平成23年7月21日(2011.7.21)  
 審査請求日 平成25年12月25日(2013.12.25)  
 (31) 優先権主張番号 12/685,388  
 (32) 優先日 平成22年1月11日(2010.1.11)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123  
 45、スケネクタディ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聰志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ねじれセンサ、その方法及び流体のパラメータを測定するシステム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

流体(12)の2以上のパラメータを感知するねじれセンサ(16)において、  
 基準部分(18)と、  
 前記基準部分(18)に結合され、外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の  
 突出部分(38)を具備するねじれ部分(20)と、  
 を具備し、

前記ねじれ部分(20)は、前記ねじれ部分(20)を複数のねじれ小部分に分割する  
 複数の切欠きを含み、

前記ねじれ部分(20)の少なくとも一部は、前記流体(12)に浸漬されるように装着可能であり且つねじれ波の伝播が前記流体(12)の前記パラメータに従属するような影響を受けるように前記ねじれセンサ(16)の少なくとも一部に沿って前記流体と相互に作用するねじれ波を伝播するように動作可能であり、

前記複数のねじれ小部分のうちの少なくとも2つが、互いに異なる前記パラメータを感知する、

ねじれセンサ(16)。

## 【請求項 2】

前記ねじれセンサ(16)は、前記流体(12)の絶対密度、密度プロファイル、流体レベル、絶対温度、温度プロファイル、絶対粘度、粘度プロファイル、絶対流速、流速プロファイル、絶対流体相分率、流体相分率プロファイル又はそれらの組み合わせを含む2

以上のパラメータを感知するように構成される、請求項 1 に記載のねじれセンサ ( 16 )  
。

**【請求項 3】**

前記ねじれ部分 ( 20 ) は、中心部分 ( 40 ) から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の個別の突出部分 ( 38 ) を具備する、請求項 2 に記載のねじれセンサ ( 16 )。

**【請求項 4】**

前記ねじれ部分 ( 20 ) は、X字形ねじれ部分、星形ねじれ部分、ファン形ねじれ部分、湾曲ファン形ねじれ部分又はそれらの組み合わせを含む、請求項 3 に記載のねじれセンサ ( 16 )。

10

**【請求項 5】**

前記ねじれ部分 ( 20 ) は 1 : 2 ~ 1 : 7 の縦横比を有する、請求項 1 から 4 のいずれかに記載のねじれセンサ ( 16 )。

**【請求項 6】**

流体 ( 12 ) の 2 以上のパラメータを感知する感知システム ( 10 ) において、  
基準部分 ( 18 ) と、

前記基準部分 ( 18 ) に結合され、外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分 ( 38 ) を具備するねじれ部分 ( 20 ) と、

を具備し、

前記ねじれ部分 ( 20 ) は、前記ねじれ部分 ( 20 ) を複数のねじれ小部分に分割する複数の切欠きを含む、

ねじれセンサ ( 16 ) と、

前記ねじれセンサ ( 16 ) の中にせん断波エネルギーを励起するように構成された励起装置 ( 21 ) であって、前記 ねじれ部分 ( 20 ) の少なくとも一部は、前記流体 ( 12 ) に浸漬されるように装着可能であり且つ前記せん断波エネルギーの伝播が前記流体 ( 12 ) の前記パラメータに従属するような影響を受けるようにねじれセンサ ( 16 ) の少なくとも一部に沿って前記流体 ( 12 ) と相互に作用する前記せん断波エネルギーを伝播するように動作可能である励起装置 ( 21 ) と、

前記ねじれセンサ ( 16 ) に対してせん断波励起を実行し且つ前記ねじれ部分 ( 20 ) からの波エネルギーを検出するように構成された変換器装置 ( 26 ) と、

20

前記変換器装置 ( 26 ) からの出力に応答して前記流体 ( 12 ) の 2 以上のパラメータを判定するように構成されたプロセッサ装置 ( 30 ) と、  
を具備し、

前記複数のねじれ小部分のうちの少なくとも 2 つが、互いに異なる前記パラメータを感知する、

感知システム ( 10 )。

**【請求項 7】**

流体 ( 12 ) の 2 以上のパラメータを感知する方法において、

基準部分 ( 18 ) と、前記基準部分 ( 18 ) に結合され、外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分 ( 38 ) を具備し、ねじれ部分 ( 20 ) を複数のねじれ小部分に分割する複数の切欠きを含む前記ねじれ部分 ( 20 ) とを具備し、且つ 前記ねじれ部分 ( 20 ) の一部が前記流体 ( 12 ) に浸漬されているねじれセンサ ( 16 ) において、励起装置 ( 21 ) を介して波エネルギーを励起し、それにより、前記波エネルギーの伝播が前記流体 ( 12 ) の前記パラメータに従属するような影響を受けるように前記ねじれセンサ ( 16 ) の少なくとも一部に沿って前記流体 ( 12 ) と相互に作用する前記波エネルギーを伝播するステップと、

変換器装置 ( 26 ) を介して前記ねじれセンサ ( 16 ) に対してねじれ励起を実行し且つ前記ねじれ部分 ( 20 ) からの波エネルギーを検出するステップと、

前記変換器装置 ( 26 ) からの出力に応答して前記流体の前記パラメータを判定するステップと、

40

50

を含み、

前記複数のねじれ小部分のうちの少なくとも 2 つが、互いに異なる前記パラメータを感知する、  
方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、一部が流体と接触するように配置されたねじれセンサに沿ってねじれ波エネルギーを伝播することにより流体の 1 以上のパラメータを測定するために使用されるねじれセンサに関する。 10

【背景技術】

【0002】

工業プロセス制御において、流体に帰属する 1 以上のパラメータを流路、例えば、パイプに沿って判定することが必要になる場合が多い。パラメータは、流体の密度、流体速度、流体レベル、温度、流体相などを含んでもよい。流体と関連するパラメータの検出に使用される周知のセンサは数多く存在する。

【0003】

流体と関連するパラメータの検出に使用される周知のセンサの 1 つは、ねじれセンサである。そのような装置において、ねじれセンサは特性を測定する必要がある流体の中に一部浸漬される。一部が流体と接触する状態で保持されたセンサに沿って波エネルギーが誘導される。ねじれセンサを取り囲む流体のパラメータは、ねじれ波の特性、特に波モードの伝播時間に影響を与える。言い換えれば、センサに沿った導波エネルギーと流体との相互作用の結果、センサに沿った導波エネルギーの伝播速度が低下するので、センサが空气中又は真空中に配置されている場合の基準時間に対して起こる波の伝播時間の変化は、センサと接触している流体のパラメータを示す標識になる。特定の状況において、流体の組成、容器の幾何学的構造及びセンサ特性のうち少なくとも 1 つがわかっている場合、センサに沿って誘導される波エネルギーの伝播時間の測定値は、流体の 1 つのパラメータを示してもよい。しかし、周知のどのねじれセンサ構造でも、所定の波モードに対して長い伝播時間にわたる 1 以上のパラメータの測定に改善は見られない。更に、周知のねじれセンサ構造は、異なる種類の流体、特に、単相流体、2 相流体混合物及び多相流体混合物の 1 以上のパラメータの測定には適していない。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 4 1 9 3 2 9 1 号公報

【特許文献 2】米国特許第 4 8 9 3 4 9 6 号公報

【特許文献 3】米国特許第 6 9 1 2 9 1 8 号公報

【非特許文献 1】Z. FAN, M.J.S. LOWE, M. CASTAINGS, C. BACON; "Propagation of Torsional Waves in a Waveguide of Arbitrary Cross-section Immersed in a Fluid"; 17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China; 8 Pages 40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従って、上記の欠点及び他の欠点のうち少なくとも 1 つに対応するような改善されたねじれセンサが依然として必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の例示的な実施形態では、流体の 1 以上のパラメータを感知するねじれセンサ 50

が開示される。ねじれセンサは基準部分に結合されたねじれ部分を含み、ねじれ部分は外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分を含む。ねじれセンサの少なくとも一部は、流体に浸漬されるように装着可能であり且つねじれ波の伝播が流体の1以上のパラメータに従属するような影響を受けるようにねじれセンサの少なくとも一部に沿って流体と相互に作用するねじれ波を伝播するように動作可能である。

【0007】

本発明の別の例示的な実施形態では、流体の1以上のパラメータを感知する感知システムが開示される。感知システムは基準部分に結合されたねじれ部分を有するねじれセンサを含み、ねじれ部分は外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分を含む。励起装置はねじれセンサの中に波エネルギーを励起するように構成される。ねじれセンサの少なくとも一部は、流体に浸漬されるように装着可能であり且つ波エネルギーの伝播が流体の1以上のパラメータに従属するような影響を受けるようにねじれセンサの少なくとも一部に沿って流体と相互に作用する波エネルギーを伝播するように動作可能である。変換器装置は、ねじれセンサに対してねじれ励起を実行し且つねじれ部分からの波エネルギーを検出するように構成される。プロセッサ装置は、変換器装置からの出力に応答して流体の1以上のパラメータを判定するように構成される。

【0008】

本発明の例示的な実施形態では、流体の1以上のパラメータを感知するねじれセンサが開示される。ねじれセンサは1以上の切欠きを有する基準部分を含む。

【0009】

本発明の別の例示的な実施形態では、流体の1以上のパラメータを感知するねじれセンサが開示される。センサは第1の材料を含む基準部分を含む。ねじれ部分は基準部分に結合される。ねじれ部分は外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分を含む。ねじれ部分は第1の材料とは異なる第2の材料を含む。

【0010】

本発明の別の例示的な実施形態では、流体の1以上のパラメータを感知するねじれセンサが開示される。センサは基準部分を含み、基準部分は基準部分を2つ以上の小部分に分割する1以上の切欠きを有する。ねじれ部分は、基準部分に結合され、外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分を有する。基準部分及びねじれ部分は同一の材料を含む。

【0011】

本発明の別の例示的な実施形態では、流体の1以上のパラメータを感知する方法が開示される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

本発明の上記の特徴、態様及び利点並びに他の特徴、態様及び利点は、添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読むことにより更によく理解されるだろう。図面中、同じ図中符号は一貫して同じ部分を示す。

【図1】図1は、本発明の例示的な実施形態に係る導管を通って流れる流体の1以上のパラメータを感知する感知システムを示したブロック図である。

【図2】図2は本発明の例示的な実施形態に係るねじれセンサを示した斜視図である。

【図3】図3は本発明の例示的な実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図4】図4は本発明の例示的な実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図5】図5は本発明の例示的な実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図6】図6は本発明の例示的な実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図7】図7は本発明の例示的な実施形態に係るねじれセンサを示した斜視図である。

【図8】図8は本発明の例示的な実施形態に係るねじれセンサを示した斜視図である。

【図9】図9は図8の実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図10】図10は本発明の例示的な実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

10

20

30

40

50

【図11】図11は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図12】図12は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図13】図13は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図14】図14は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれ部分を示した横断面図である。

【図15】図15は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれ部分を示した断面図である。

10

【図16】図16は、本発明の例示的な一実施形態に係るねじれセンサに配設された変換器装置を示した側面図である。

【図17】図17は、本発明の例示的な一実施形態に係るねじれセンサの基準部分に巻き付けられた変換器装置を示した断面図である。

【図18】図18は、本発明の例示的な一実施形態に係るねじれセンサに沿った伝播波の振幅の変化と時間との関係を示したグラフである。

【図19】図19は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の中に配設された2つのねじれセンサを示した断面図である。

【図20】図20は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の中に配設されたねじれセンサを示した断面図である。

20

【図21】図21は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の中に配設されたねじれセンサを示した断面図である。

【図22】図22は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の中に配設された2つのねじれセンサを示した断面図である。

【図23】図23は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の一部分に沿って配設された複数のねじれセンサを示した横断面図である。

【図24】図24は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の中に配設されたねじれセンサを示した断面図である。

【図25】図25は、本発明の例示的な一実施形態に係る導管の中に配設された2つのねじれセンサを示した断面図である。

30

【図26】図26は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれセンサを示した正面図である。

【図27】図27は本発明の例示的な一実施形態に係るねじれセンサを示した正面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0013】

以下に説明するように、本発明の実施形態は、流体の1以上のパラメータを感知するねじれセンサを開示する。ねじれセンサは、基準部分と、基準部分に結合されたねじれ部分とを含む。ねじれ部分は、外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分を含む。ねじれ部分の縦横比は変更されてもよい。縦横比は1:2~1:7の範囲にあってもよいが、それに限定されない。ねじれセンサの少なくとも一部は、流体に浸漬されるよう装着可能であり且つねじれ波の伝播が流体の1以上のパラメータに従属するような影響を受けるようにねじれセンサの少なくとも一部に沿って流体と相互に作用するねじれ波を伝播するように動作可能である。1以上のパラメータは、流体の絶対密度、密度プロファイル、流体レベル、絶対温度、温度プロファイル、絶対粘度、粘度プロファイル、絶対流速、流速プロファイル、絶対流体相分率、流体相分率プロファイル又はそれらの組み合わせを含む。流体は単相流体、2相流体混合物又は多相流体混合物を含んでもよい。特定の一実施形態において、ねじれセンサを取り入れたシステムが開示される。例示されるねじれセンサの構成は、単相流体、2相流体混合物又は多相流体混合物の1以上のパラメータの測定の分解能を大幅に改善する。

40

50

## 【0014】

図1を参照すると、導管14を通って流れる流体12の1以上のパラメータを感知する感知システム10のブロック図が示される。図示される実施形態及び以下に説明される実施形態において、導管は垂直配置又は水平配置のいずれであってもよい。尚、導管が開示されているが、静止状態の流体及び流動状態の流体の双方に帰属する1以上のパラメータを感知するために流体を収容する任意の装置に感知システム10が適用可能である。システム10は、導管14を通って流れている流体12に一部が浸漬されるねじれセンサ16を含む。ねじれセンサ16は基準部分18及びねじれ部分20を含む。特定の一実施形態において、基準部分18は円筒形基準部分である。流体12に浸漬されるねじれセンサ16の部分の長さは変更されてもよい。

10

## 【0015】

感知システム10は、増幅器24を介してねじれセンサ16へせん断波エネルギーを伝達するように構成された波発生器22を有する励起装置21を更に含む。変換器装置26はねじれセンサ16に対してせん断励起を実行するように構成される。ねじれセンサ16に沿って伝播する超音波導波は周囲の流体12の有無及び性質を検出する。ねじれセンサ16の一部が流体12に浸漬された場合、波の伝播は流体12の1以上のパラメータにより影響を受ける。従って、ねじれセンサ16に沿った波エネルギーの伝播を検出することにより、流体12の1以上のパラメータを検出可能である。1以上のパラメータは、流体12の絶対密度、密度プロファイル、流体レベル、絶対温度、温度プロファイル、絶対粘度、粘度プロファイル、絶対流速、流速プロファイル、絶対流体相分率、流体相分率プロファイル又はそれらの組み合わせを含む。流体12は、単相流体、2相流体混合物又は多相流体混合物を含んでもよい。尚、2相流体混合物又は多相流体混合物は、密度の異なる2つ以上の流体を含んでもよい。例えば、多相流体混合物は油、水及びガスを含んでもよい。励起源及び受信機は、圧電変換器、湾曲圧電変換器、フェイズドアレイ磁歪変換器、レーザー系電磁音響変換器(EMAT)、フェイズドEMAT及び膜であってもよい。あらゆる種類の流体へのねじれセンサ16の適用が考えられる。

20

## 【0016】

図示される実施形態において、変換器装置26は、ねじれセンサ16のねじれ部分20からの波エネルギーを検出するように更に構成される。波エネルギーに対応する変換器装置26からの出力信号は、デジタルオシロスコープ28を介してプロセッサ装置30へ、例えばコンピュータへ送信される。プロセッサ装置30は、変換器装置26からの出力信号に応答して流体12の1以上のパラメータを判定するように構成される。尚、この感知システム10の構成は例示的な一実施形態であり、本発明の範囲を限定すると解釈されなければならない。本実施形態のねじれセンサ16は、容器に収容されているか又は導管を通って流れている流体12に帰属する1以上のパラメータの検出を必要とする任意の用途に適用可能である。典型的な適用例は石油産業、油及びガスなどである。以下に、実施形態を参考してセンサの構造及びセンサの配置の実施例を更に詳細に説明する。

30

## 【0017】

図2を参照すると、ねじれセンサ32の一実施例の斜視図が示される。ねじれセンサ32は基準部分34及びねじれ部分36を含む。図示される実施形態において、基準部分34は円筒形基準部分であり且つねじれ部分36はX字形ねじれ部分である。ねじれ部分36は外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分38を含む。特に、ねじれ部分36は、ねじれ部分36の中心部分40に関して対称に配設された複数の個別の突出部分38を含む。

40

## 【0018】

先に説明したように、流体媒体の1以上のパラメータを検出するために、ねじれセンサ32は、周囲に流体媒体が存在することによって起こるねじれ部分36に沿って伝播する波エネルギーの速度の変化を利用する。せん断波がねじれセンサ32のねじれ部分36を通って伝播する間に、ねじれ部分36の周囲に存在する流体の加速及び減速が起こる。ねじれ部分36の表面に垂直力が加えられ、この力は周囲の流体に作用する。ねじれ部分3

50

6の周囲の流体の運動は、流体と固体との境界面における速度の垂直速度成分及び周囲の流体の粘性抵抗によって誘起される。その結果、流体はねじれ部分36の角で捕捉され、波エネルギーの伝播に影響を与える。言い換えれば、波エネルギーの伝播は周囲の流体の慣性によって影響を受ける。伝播波エネルギーの速度を判定することにより、周囲の流体媒体の1以上のパラメータを検出可能である。

【0019】

図3を参照すると、ねじれ部分42の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分42はX字形ねじれ部分である。ねじれ部分42は、中心部分46から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分44、45を含む。複数の突出部分44、45は中心部分46に関して対称に配設される。特定の一実施形態において、2つの突出部分44の離間距離は3mm～50mmの範囲であってもよい。別の特定の実施形態において、2つの突出部分45の離間距離は3mm～50mmの範囲であってもよい。更に別の特定の実施形態において、1つの突出部分44と別の突出部分45との離間距離は、1mm～17mmの範囲であってもよい。突出部分44、45の対向する交差箇所の離間距離は、1mm～20mmの範囲であってもよい。

10

【0020】

図4を参照すると、ねじれ部分48の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分48はX字形ねじれ部分である。ねじれ部分48は、中心部分52から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分50、51を含む。複数の突出部分50、51は中心部分52に関して非対称に配設される。突出部分50、51の離間距離は3mm～50mmの範囲であってもよい。交差箇所53、55の離間距離は1mm～17mmの範囲であってもよい。交差箇所53、57の離間距離は0.5mm～8.5mmの範囲であってもよい。

20

【0021】

図5を参照すると、ねじれ部分54の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分54はX字形ねじれ部分である。ねじれ部分54は、中心部分58から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分56を含む。複数の突出部分56は中心部分58に関して対称に配設される。

【0022】

図6を参照すると、ねじれ部分60の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分60はX字形ねじれ部分である。ねじれ部分60は、中心部分64から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分62を含む。複数の突出部分62は中心部分64に関して非対称に配設される。

30

【0023】

図7を参照すると、ねじれセンサ66の一実施例の斜視図が示される。ねじれセンサ66は基準部分68及びねじれ部分70を含む。図示される実施形態において、基準部分68は円筒形基準部分であり且つねじれ部分70はファン形ねじれ部分である。ねじれ部分70は、外側へ延出する1つの突出部分72又は外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分72を含む。特に、ねじれ部分70は、ねじれ部分70の中心部分74に関して対称に配設された複数の個別の突出部分72を含む。

40

【0024】

図8を参照すると、ねじれセンサ76の一実施例の斜視図が示される。ねじれセンサ76は基準部分78及びねじれ部分80を含む。図示される実施形態において、基準部分78は円筒形基準部分であり且つねじれ部分80は湾曲ファン形ねじれ部分である。ねじれ部分80は、外側へ延出する1つの突出部分82又は外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分82を含む。特に、ねじれ部分80は、ねじれ部分80の中心部分84に関して対称に配設された複数の個別の突出部分82を含む。

【0025】

図9を参照すると、ねじれ部分80の横断面図が示される。ねじれ部分80は、ねじれ部分80の中心部分84に関して対称に配設された複数の個別の突出部分82を含む。

1

50

つの突出部分 8 2 の先端から隣接する突出部分 8 2 の先端までの距離は、3 mm ~ 50 mm の範囲であってもよい。各突出部分 8 2 の基部は 1 mm ~ 20 mm の範囲の長さを有する。各突出部分 8 2 の先端から隣接する突出部分 8 2 の湾曲部分 8 1 までの距離は、2 mm ~ 33 mm の範囲であってもよい。

【0026】

図 10 を参照すると、星形ねじれ部分 8 6 の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分 8 6 は、中心部分 9 0 から外側へ延出し且つ互いに離間して配設された複数の突出部分 8 8、9 1、9 3 を含む。複数の突出部分 8 8、9 1、9 3 は中心部分 9 0 に関して対称に配設される。一実施形態において、2 つの突出部分の先端の離間距離は 3 mm ~ 50 mm の範囲であってもよい。別の特定の実施形態において、2 つの突出部分 9 1 の先端の離間距離は 1 mm ~ 17 mm の範囲であってもよい。更に別の特定の実施形態において、1 つの突出部分 9 1 の先端と突出部分 9 3 の先端との離間距離は、3 mm ~ 50 mm の範囲であってもよい。更に別の実施形態において、交差箇所 9 5、9 7 の離間距離は 0.5 mm ~ 7 mm の範囲であってもよい。別の特定の実施形態において、交差箇所 9 9、10 1 の離間距離は 0.6 mm ~ 8.5 mm の範囲であってもよい。

【0027】

尚、以上説明した実施形態において開示された寸法は値の例であり、本発明の範囲を限定すると解釈されてはならない。

【0028】

図 11 を参照すると、星形ねじれ部分 9 2 の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分 9 2 は、中心部分 9 6 から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分 9 4 を含む。複数の突出部分 9 4 は中心部分 9 6 に関して対称に配設される。

【0029】

図 12 を参照すると、星形ねじれ部分 9 8 の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分 9 8 は、中心部分 10 2 から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分 10 0 を含む。複数の突出部分 10 0 は中心部分 10 2 に関して対称に配設される。

【0030】

図 13 を参照すると、星形ねじれ部分 10 4 の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分 10 4 は、中心部分 10 8 から外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分 10 6 を含む。複数の突出部分 10 6 は中心部分 10 8 に関して対称に配設される。

【0031】

図 14 を参照すると、ねじれ部分 11 0 の一実施例の横断面図が示される。ねじれ部分 11 0 は、外側へ延出し且つ互いに離間して配置された複数の突出部分 11 2 を含む。

【0032】

図 15 を参照すると、ねじれ部分の一実施例の一部分 11 4 が示される。

【0033】

本明細書において種々の形状のねじれ部分が開示されるが、ねじれ部分のそのようなすべての形状の組み合わせも考えられる。

【0034】

図 16 を参照すると、センサ 11 1 及び変換器装置 11 3 の構成の一実施例の側面図が示される。図示される実施形態において、センサ 11 1 は基準部分 11 5 及びねじれ部分 11 7 を含む。基準部分 11 5 は側面に凹部 12 1 を有する拡張先端部 11 9 を含む。変換器装置 11 3 は基準部分 11 5 の側面凹部 12 1 に装着される。このような構成は、本明細書において説明される実施形態のいずれにも適用可能である。

【0035】

図 17 を参照すると、基準部分 11 5 及び変換器装置 11 3 の1つの構成の側面図が示される。基準部分 11 5 は拡張先端部 11 9 を含み且つ変換器装置 11 3 は拡張先端部 11 9 に巻き付けられる。

【0036】

10

20

30

40

50

図18を参照すると、センサのねじれ部分からの波エネルギーを示す出力信号の振幅の変化と時間(秒)との関係を示したグラフが示される。前述のように、変換器装置は、センサのねじれ部分からの波エネルギーを検出するように更に構成される。波エネルギーに対応する変換器からの出力信号は、デジタルオシロスコープを介してプロセッサ装置へ送信される。プロセッサ装置は、変換器装置からの出力信号に応答して流体の1以上のパラメータを判定するように構成される。

【0037】

ねじれ部分における伝播波の速度は、ねじれセンサの2つの場所で波の到達時間を測定することにより判定される。基準信号116はセンサの基準部分とねじれ部分との境界面から送信される信号である。信号118はセンサのねじれ部分の一端から送信される信号である。例えば、図2を参照して説明すると、基準信号はセンサ32の基準部分34とねじれ部分36との境界面から送信される信号である。他方の信号はセンサ32のねじれ部分36の一端から送信される信号である。図18において、基準信号116のピーク120から信号118のピーク122に至るまでの時間は、「伝播時間」124と呼ばれる。伝播波の速度は伝播時間124に基づいて計算される。

【0038】

図19を参照すると、2つのねじれセンサ126、128の1つの配置例の断面図が示される。図示される実施形態において、2つのねじれセンサ126、128は導管130内の異なる場所に配設される。センサ126は基準部分132及びねじれ部分134を含む。センサ126は導管130の壁138の1つの面136に近接して配設される。センサ128は基準部分140及びねじれ部分142を含む。センサ128はセンサ126と導管130の壁138の別の面146との間に配設される。特に、センサ128は導管130の中心軸144と壁138の別の面146との間に配設される。

【0039】

図示される実施形態において、各センサは、変換器装置がねじれ波エネルギーの発生及び受信の双方に使用されるパルスエコー動作モードで動作する。一方のエコーは対応するセンサの基準部分とねじれ部分との境界面からのねじれ波エネルギーの反射に相当し、他方のエコーは対応するセンサの一端からのねじれ波エネルギーの反射に相当する。本明細書において説明されるすべての実施形態において、各センサは、1つの変換器装置がねじれ波エネルギーの発生に使用され且つ別の変換器装置がねじれ波エネルギーの受信に使用される伝送動作モードで動作してもよい。

【0040】

特定の一実施形態において、導管130を通って2相流体混合物が流れている。例えば、2相流体混合物は油及び水を含む。一方のねじれセンサ126は、一方の流体、例えば油の密度を検出するように構成される。他方のねじれセンサ128は、他方の流体、例えば水の密度を検出するように構成される。図示される実施形態において、センサ126、128は導管130の同一の場所に配設される。尚、本明細書において説明される実施形態において、センサの数及びセンサの配置場所は本発明の範囲を限定するとみなされてはならない。このセンサ配置は流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。また、このセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

【0041】

図20を参照すると、ねじれセンサ148の1つの配置例の断面図が示される。図示される実施形態において、センサ148は導管150の中に配設される。図示される実施形態において、センサ148は、ねじれ部分154を複数のねじれ小部分156に分割する複数の切欠き152を含む。各ねじれ小部分156からの波エネルギーは、導管150の対応する1つの領域に限定された流体と関連する1以上のパラメータを示す。例えば、1つのねじれ小部分は密度を示してもよく、別のねじれ小部分は相割合を示してもよい。

【0042】

尚、例示されるセンサ配置は流体の他のパラメータの検出にも適用可能である。例示さ

10

20

30

40

50

れるセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

【0043】

図21を参照すると、ねじれセンサ158の1つの配置例の断面図が示される。図示される実施形態において、センサ158は導管160の直径に沿って延出するように配設される。一実施形態において、ねじれセンサ158は単相流体の密度を検出するように構成される。別の実施形態において、ねじれセンサ158は2相流体混合物の平均密度を検出するように構成される。更に別の実施形態において、多相流体混合物の各流体相が導管160の対応する1つの領域に封じ込められている場合、ねじれセンサ158は各流体相の面高さを検出するように構成される。更に別の実施形態において、多相流体混合物の相が導管160内で分散されている場合、ねじれセンサ158は各流体相の割合を検出するように構成される。例示されるセンサ配置は流体/流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。例示されるセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

【0044】

図22を参照すると、2つのねじれセンサ162、164の1つの配置例の断面図が示される。センサ162、164は導管166内の異なる場所に配設される。図示される実施形態において、センサ162、164は、導管166内に所定の距離(L)だけ離間して配置される。特定の一実施形態において、センサ162の出力応答時間とセンサ164の出力応答時間との相関は、流体の相速度を示してもよい。例えば、センサ162の出力応答時間を「t1」で示し且つセンサ164の出力応答時間を「t2」で示す場合、流体の相速度は、以下に示す関係により判定される。

【0045】

【数1】

$$\frac{t2-t1}{L} \quad (1)$$

10

20

30

【0046】

先に説明した実施形態と同様に、センサの数及びセンサの配置場所は、図示される数及び場所に限定されるとみなされてはならない。このセンサ配置は流体/流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。このセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

【0047】

図23を参照すると、複数のねじれセンサ168の1つの配置例の横断面図が示される。図示される実施形態において、複数のねじれセンサ168は導管170の横断面に沿って互いに離間して配設される。特定の一実施形態において、センサ168は2相/多相流体混合物の密度プロファイルを判定するように構成される。別の実施形態において、センサ168は2相/多相流体混合物の各流体相の相割合を判定するように構成される。この場合にも、センサの数は本発明の範囲を限定するとみなされてはならない。このセンサ配置は流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。このセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

【0048】

図24を参照すると、ねじれセンサ172の1つの配置例の断面図が示される。図示される実施形態において、センサ172は導管174を横断するように配設される。センサ172は、2相/多相流体混合物の各流体相の1以上のパラメータを検出するように構成される。一実施形態において、2相流体混合物が導管174を通って流れている場合、第

40

50

1の時間におけるセンサ172の出力応答は一方の流体相の相密度又は相割合を示してもよく、第1の時間より後の第2の時間におけるセンサの別の出力応答は別の流体相の相密度又は相割合を示してもよい。例示されるセンサ配置は流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。このセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

#### 【0049】

図25を参照すると、2つのねじれセンサ176、178の1つの配置例の断面図が示される。図示される実施形態において、センサ176、178は導管180の同一の場所に配設される。ねじれセンサ176は第1の長さを有し、他方のねじれセンサ178は第1の長さとは異なる第2の長さを有する。一実施形態において、2相流体混合物が導管180を通って流れている場合、一方のセンサ176は一方の流体相の密度又は相割合を検出するように構成されてもよく、他方のセンサ178は他方の流体相の密度又は相割合を検出するように構成されてもよい。例示されるセンサ配置は流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。このセンサ配置は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

10

#### 【0050】

図26を参照すると、ねじれセンサ182の一実施例の正面図が示される。センサ182は、基準部分184及びねじれ部分186を含む。図示される実施形態において、基準部分184は、基準部分184を複数の小部分190に分割する2つの切欠き又は溝188、189を含む。基準部分184及びねじれ部分186は同一の材料を含む。前述のように、流体媒体の1以上のパラメータを検出するために、ねじれセンサ182は、センサの周囲の流体媒体が存在することによって起こるねじれ部分186に沿って伝播する波エネルギーの速度の変化を利用する。

20

#### 【0051】

図示される実施形態において、ねじれ部分186及び切欠き189を含む基準部分184の一部は、流体媒体に浸漬される。前述のように、伝播速度は伝播波の伝播時間に基づいて計算される。尚、一実施形態において、ねじれセンサ182に沿ったねじれ波の伝播時間の変化は、流体の1以上のパラメータ、例えば温度の変化に起因する。伝播波の伝播時間は特定の温度に合わせて校正され、流体の1以上のパラメータを判定するために、その校正に基づいて伝播時間は修正される。一方の切欠き188は空気にさらされているねじれセンサ182の部分に対応する基準領域であり、他方の切欠き190は流体に浸漬されているセンサ182の部分に対応する基準領域である。別の実施形態において、基準部分184に切欠きを形成する代わりに、基準部分184及びねじれ部分186の双方は異なる材料を含んでもよい。言い換えれば、基準部分184は第1の材料を含んでもよく且つねじれ部分186は第2の材料を含んでもよい。例示されるセンサ構成は流体混合物の他のパラメータの検出にも適用可能である。このセンサ構成は、任意の単相流体、2相流体混合物及び多相流体混合物にも適用可能である。

30

#### 【0052】

図27を参照すると、ねじれセンサ192の一実施例の正面図が示される。センサ192は基準部分194及びねじれ部分196を含む。図示される実施形態において、基準部分194は、基準部分194を2つの小部分196に分割する切欠き又は溝195を含む。基準部分194及びねじれ部分196は同一の材料を含む。

40

#### 【0053】

図示される実施形態において、ねじれ部分196及び切欠き195を含む基準部分196の一部は流体媒体に浸漬される。尚、ねじれセンサ196に沿ったねじれ波の伝播時間の変化は、流体の1以上のパラメータ、例えば粘度の変化に起因する。図示される実施形態において、伝播波の伝播時間は特定の粘度に合わせて校正され、流体の1以上のパラメータを判定するために、伝播時間はその校正に基づいて修正される。別の実施形態において、基準部分194に切欠き195を形成する代わりに、基準部分194及びねじれ部分196の双方は異なる材料を含んでもよい。言い換えれば、基準部分194は第1の材料

50

を含んでもよく且つねじれ部分 196 は第 2 の材料を含んでもよい。

【0054】

先に実施形態を参照して説明したように、センサの形状は、ねじれ部分を取り囲むようにして存在する流体の中の伝播ねじれ波に抵抗を与える。この抵抗は伝播波の伝播時間の変化を示す。例示されるセンサの形状及び配置は、伝播波に抵抗を与え、伝播時間を増加する。その結果、流体の 1 つ以上のパラメータを測定するセンサの分解能が向上する。

【0055】

本発明のある特定の特徴のみを例示し且つ説明したが、当業者には多くの変形及び変更が明らかだろ。従って、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の精神の範囲内に入るそのような変形及び変更のすべてを含むことを意図すると理解されるべきである。

10

【符号の説明】

【0056】

1 0	感知システム	
1 2	流体	
1 4	導管	
1 6	ねじれセンサ	
1 8	基準部分	
2 0	ねじれ部分	
2 1	励起装置	
2 2	波発生器	20
2 4	増幅器	
2 6	変換器装置	
2 8	デジタルオシロスコープ	
3 0	プロセッサ装置	
3 2	ねじれセンサ	
3 4	基準部分	
3 6	ねじれ部分	
3 8	突出部分	
4 0	中心部分	
4 2	ねじれ部分	30
4 4	複数の突出部分	
4 5	複数の突出部分	
4 6	中心部分	
4 8	ねじれ部分	
5 0	複数の突出部分	
5 1	複数の突出部分	
5 2	中心部分	
5 3	交差箇所	
5 4	ねじれ部分	
5 5	交差箇所	40
5 6	複数の突出部分	
5 8	中心部分	
6 0	ねじれ部分	
6 2	複数の突出部分	
6 4	中心部分	
6 6	ねじれセンサ	
6 8	基準部分	
7 0	ねじれ部分	
7 2	1 つの突出部分	
7 4	中心部分	50

7 6	ねじれセンサ	
7 8	基準部分	
8 0	ねじれ部分	
8 2	1つの突出部分	
8 4	中心部分	
8 6	星形ねじれ部分	
8 8	複数の突出部分	
9 0	中心部分	
9 1	複数の突出部分	10
9 2	星形ねじれ部分	
9 3	複数の突出部分	
9 4	複数の突出部分	
9 5	交差箇所	
9 6	中心部分	
9 7	交差箇所	
9 8	星形ねじれ部分	
9 9	交差箇所	
1 0 0	複数の突出部分	
1 0 1	交差箇所	
1 0 2	中心部分	20
1 0 4	星形ねじれ部分	
1 0 6	複数の突出部分	
1 0 8	中心部分	
1 1 0	ねじれ部分	
1 1 1	センサ	
1 1 2	複数の突出部分	
1 1 3	変換器装置	
1 1 4	ねじれ部分の一部	
1 1 5	基準部分	
1 1 6	基準信号	30
1 1 7	ねじれ部分	
1 1 8	信号	
1 1 9	拡張先端部分	
1 2 0	基準信号のピーク	
1 2 1	側面凹部	
1 2 2	信号のピーク	
1 2 4	伝播時間	
1 2 6	ねじれセンサ	
1 2 8	ねじれセンサ	
1 3 0	導管	40
1 3 2	基準部分	
1 3 4	ねじれ部分	
1 3 6	一方の面	
1 3 8	壁	
1 4 0	基準部分	
1 4 2	ねじれ部分	
1 4 4	中心軸	
1 4 6	別の面	
1 4 8	ねじれセンサ	
1 5 0	導管	50

1 5 2	複数の切欠き	
1 5 4	ねじれ部分	
1 5 6	複数のねじれ小部分	
1 5 8	ねじれセンサ	
1 6 0	導管	
1 6 2	ねじれセンサ	
1 6 4	ねじれセンサ	
1 6 6	導管	
1 6 8	複数のねじれセンサ	
1 7 0	導管	10
1 7 2	ねじれセンサ	
1 7 4	導管	
1 7 6	ねじれセンサ	
1 7 8	ねじれセンサ	
1 8 0	導管	
1 8 2	ねじれセンサ	
1 8 4	基準部分	
1 8 6	ねじれ部分	
1 8 8	切欠き又は溝	
1 8 9	切欠き又は溝	20
1 9 0	複数の小部分	
1 9 2	ねじれセンサ	
1 9 4	基準部分	
1 9 5	切欠き又は溝	
1 9 6	ねじれ部分	

【図 19】

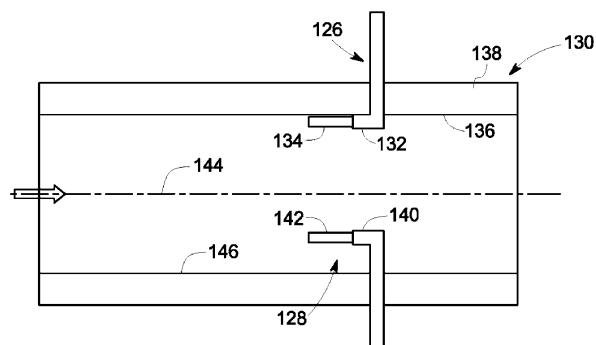


FIG. 19

【図1】

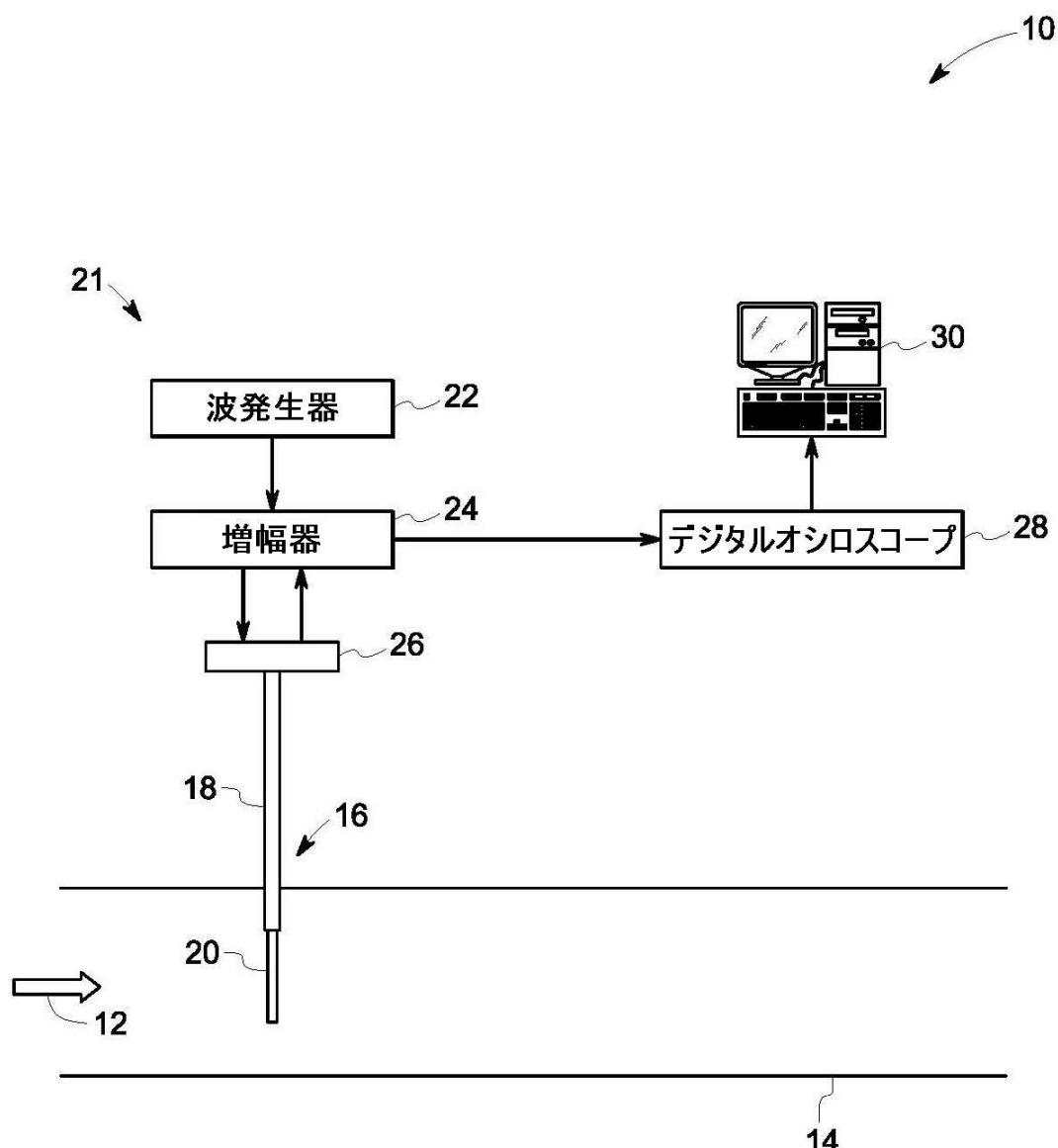


FIG. 1

【図2】

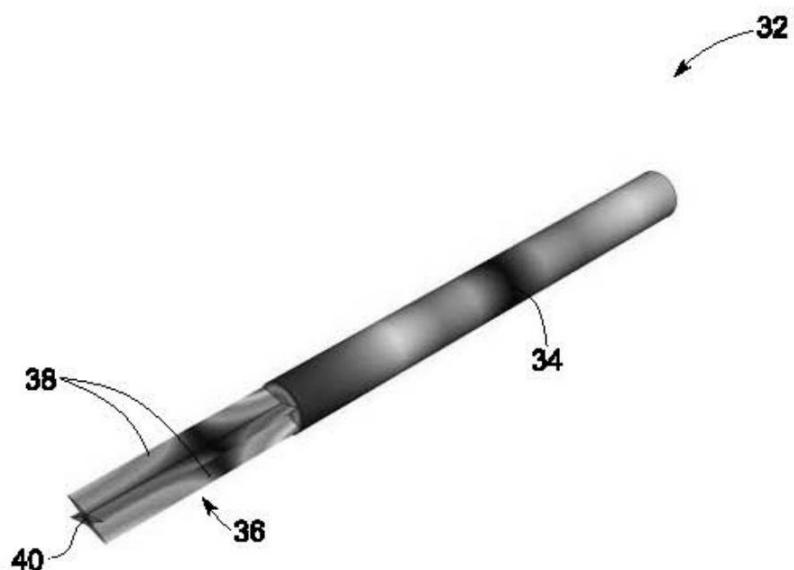


FIG. 2

【図3】

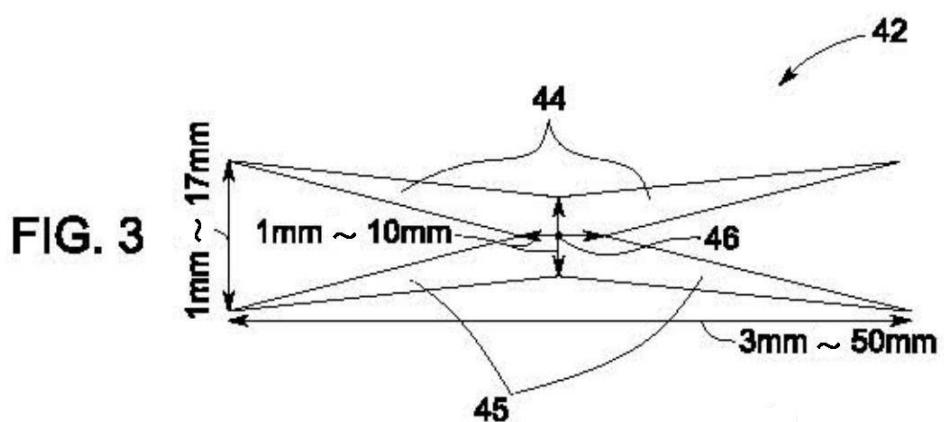
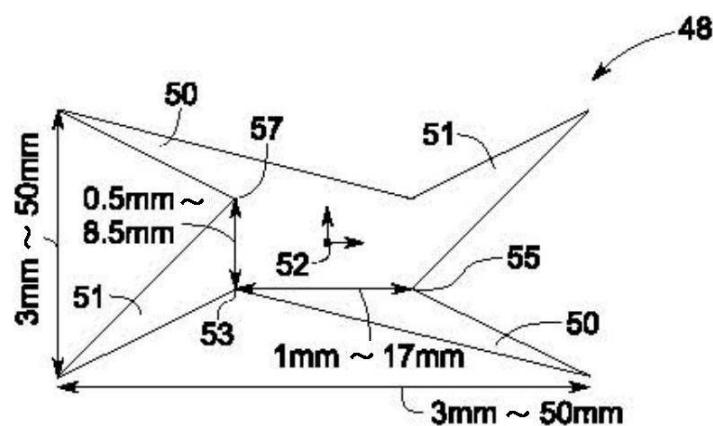


FIG. 3

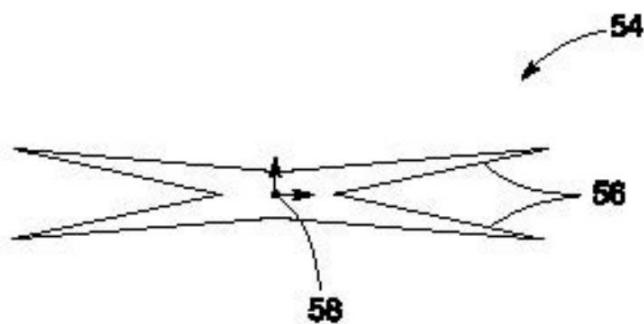
【図4】

FIG. 4



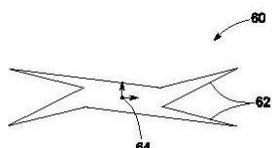
【図5】

FIG. 5



【図6】

FIG. 6



【図7】

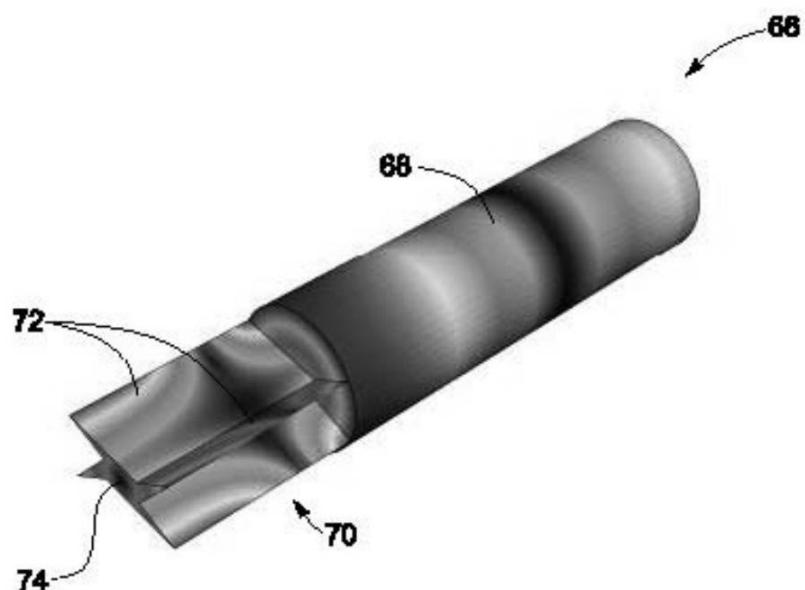


FIG. 7

【図8】

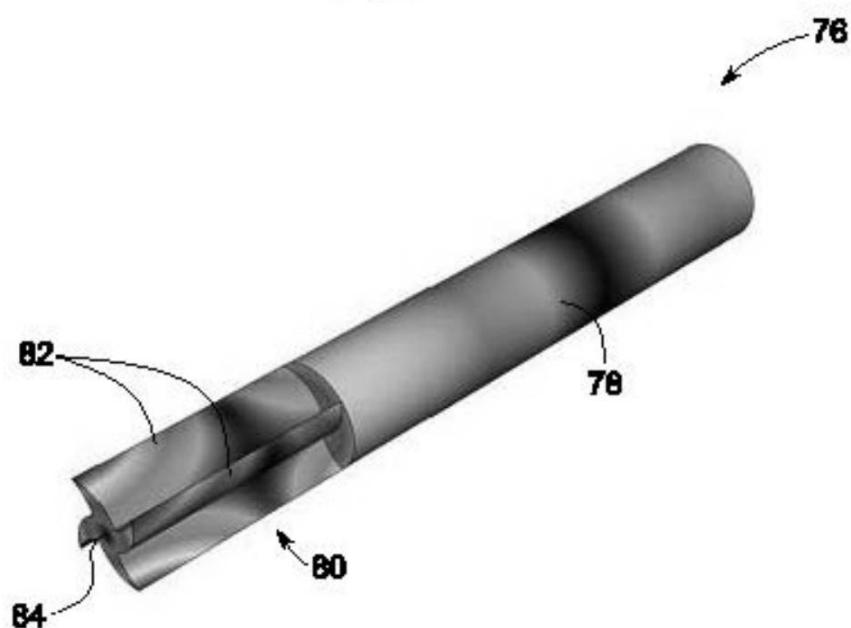


FIG. 8

【図9】

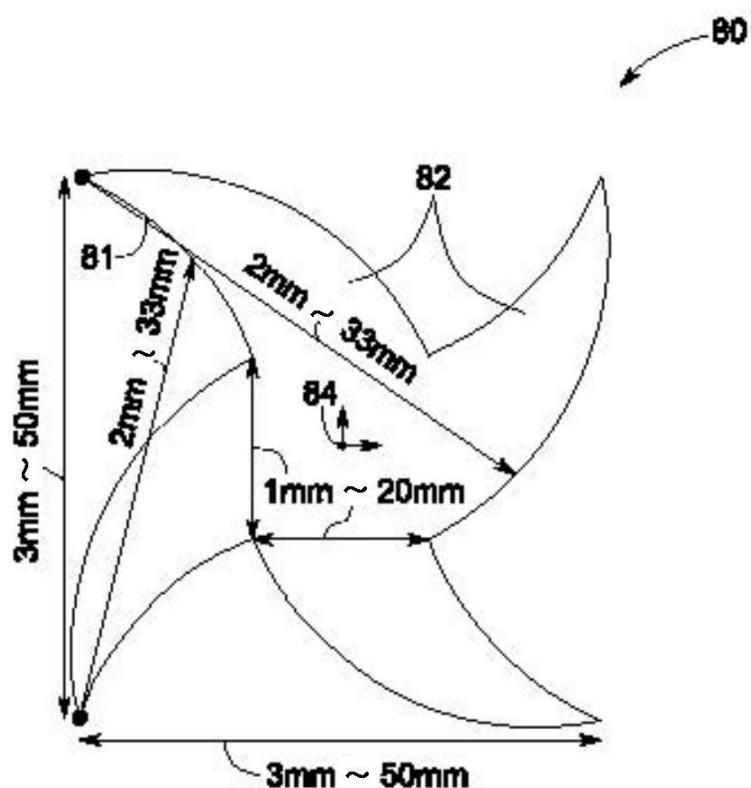
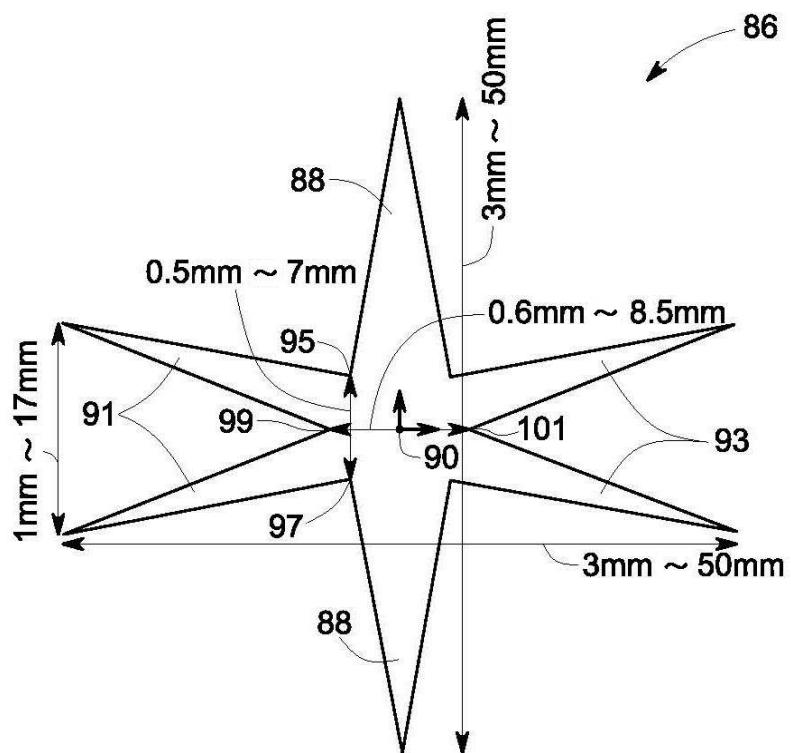


FIG. 9

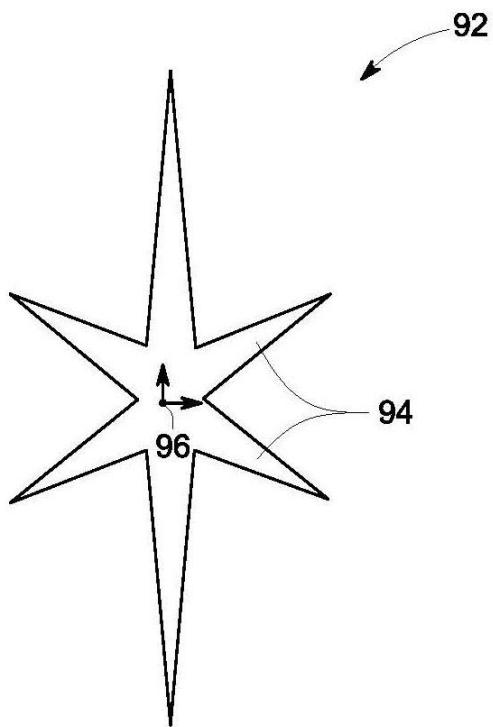
【図10】

FIG. 10



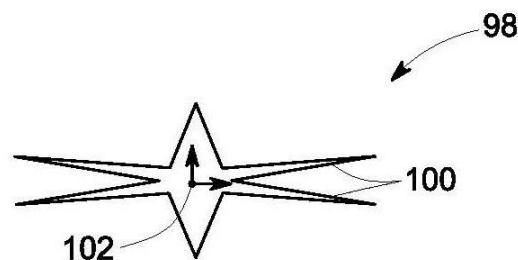
【図11】

FIG. 11

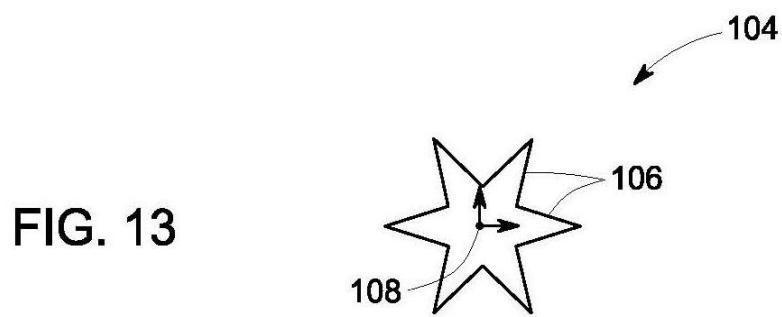


【図12】

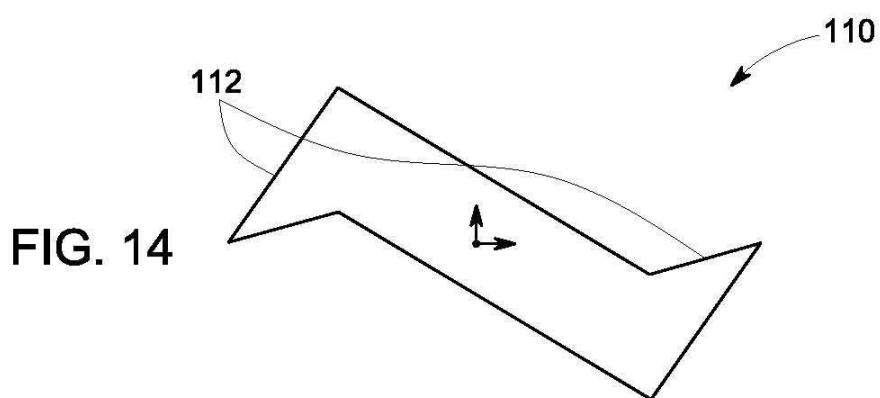
FIG. 12



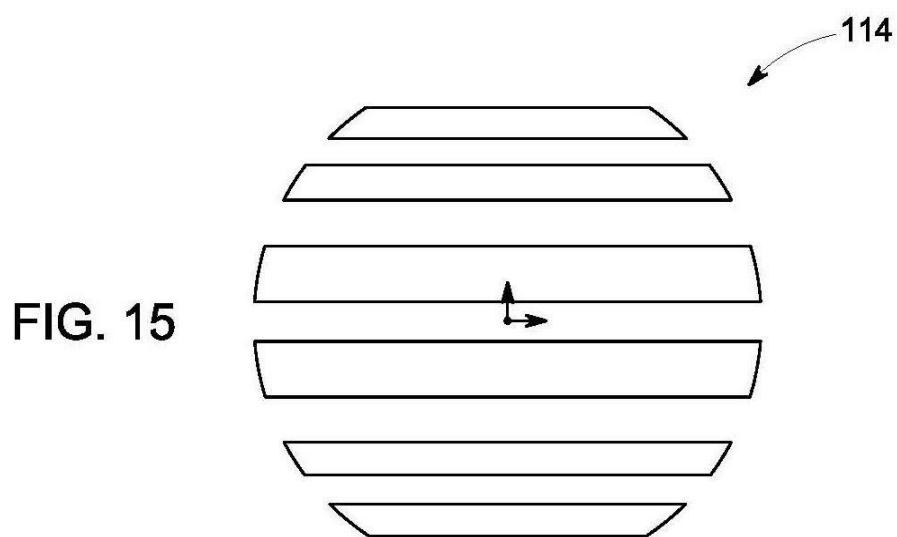
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

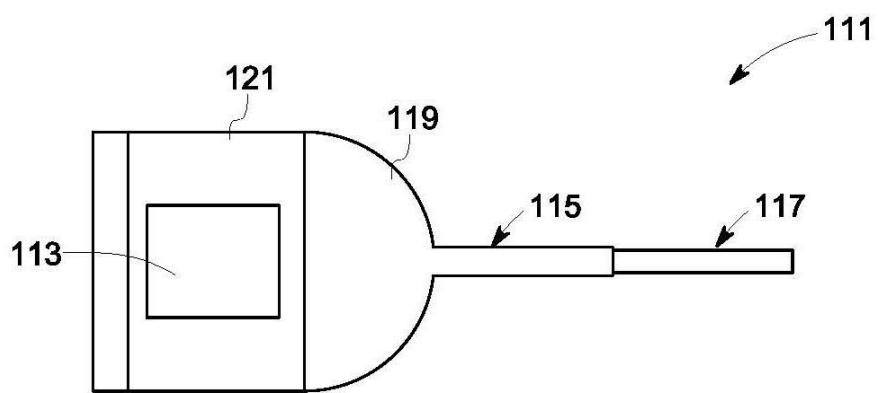


FIG. 16

【図17】

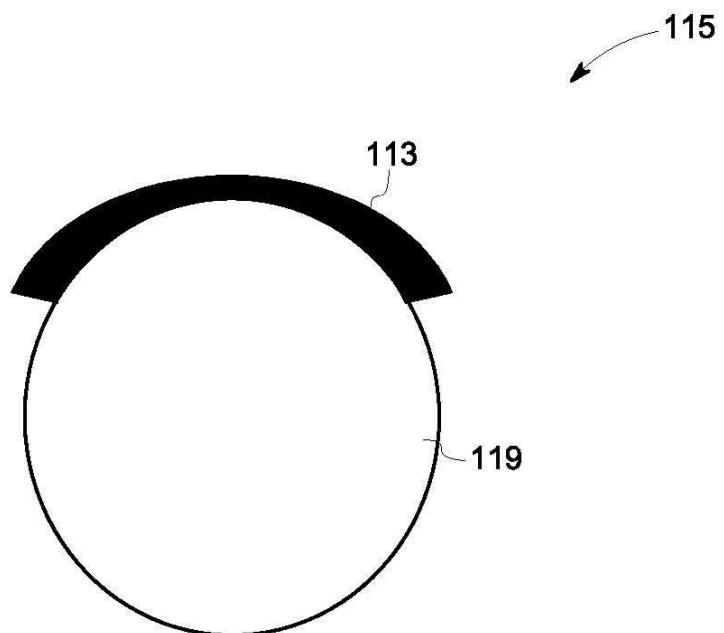


FIG. 17

【図18】

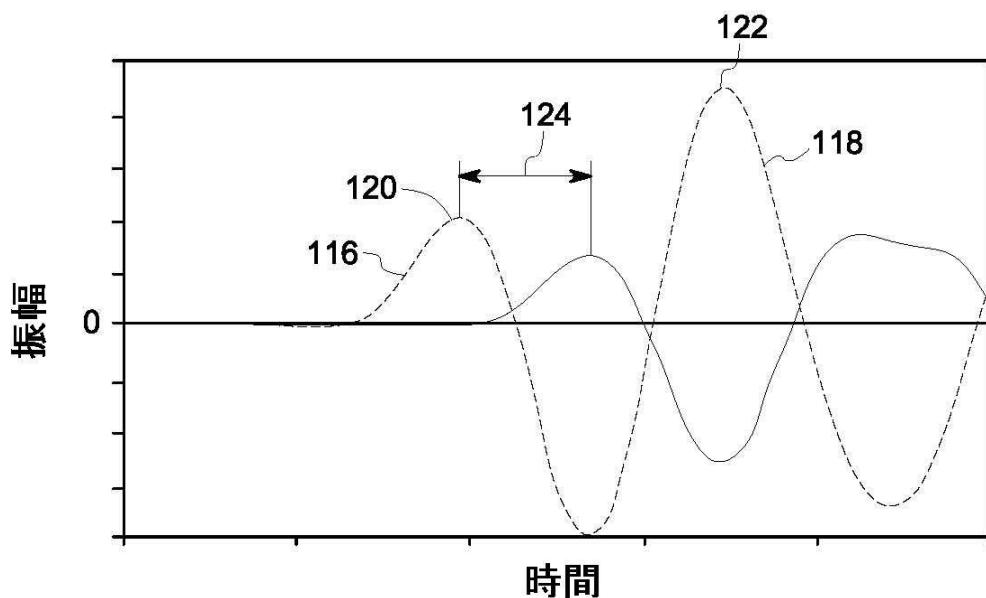


FIG. 18

【図20】

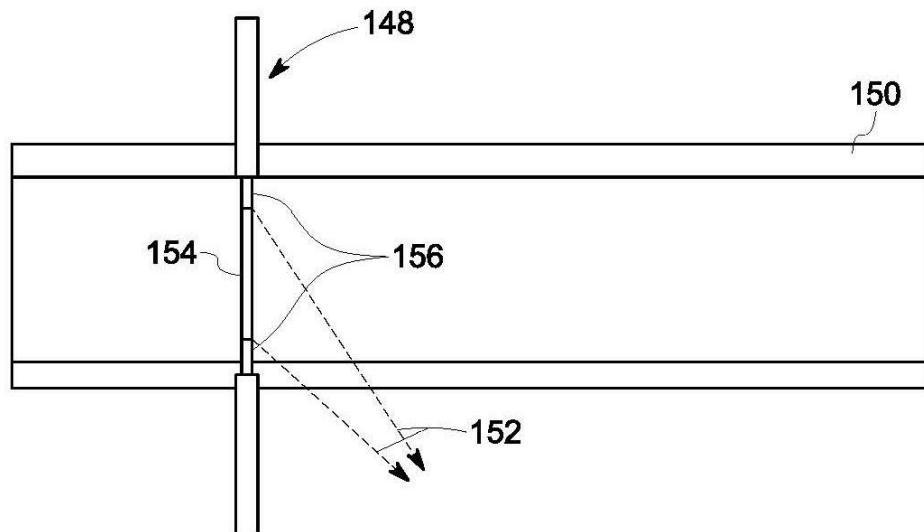


FIG. 20

【図21】

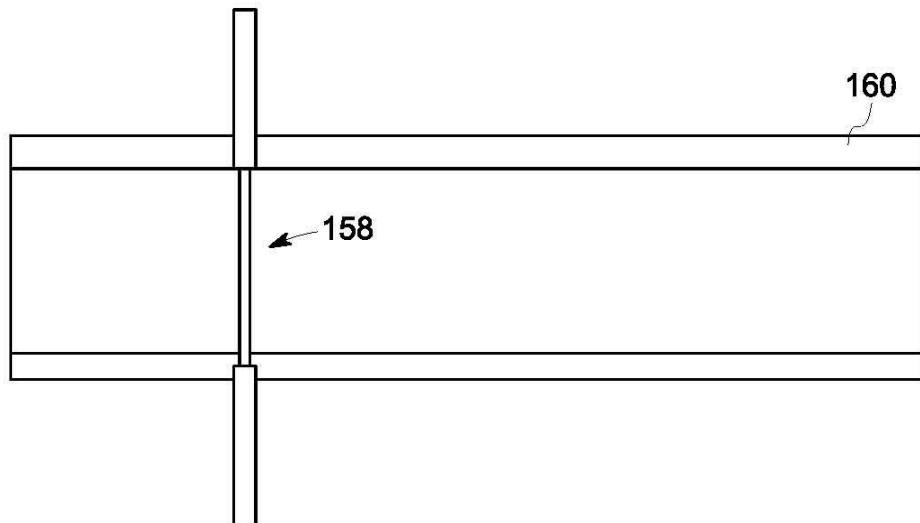


FIG. 21

【図22】

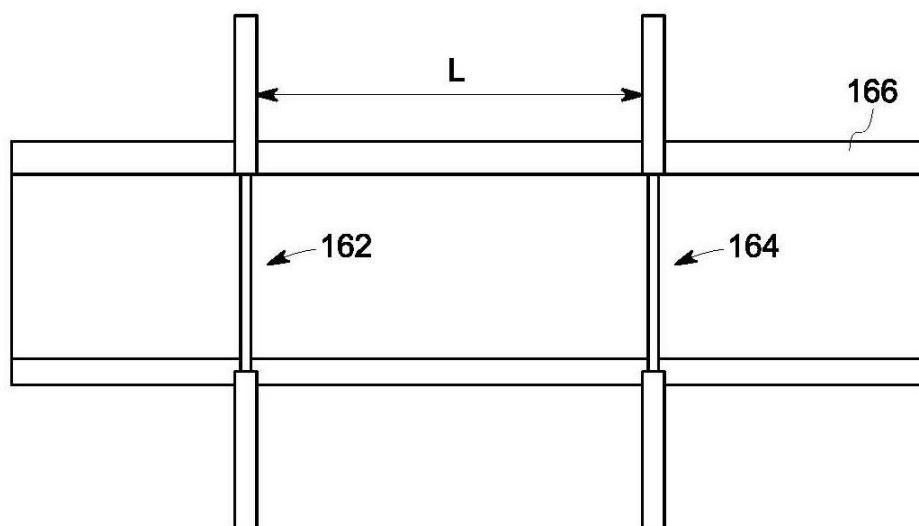


FIG. 22

【図23】

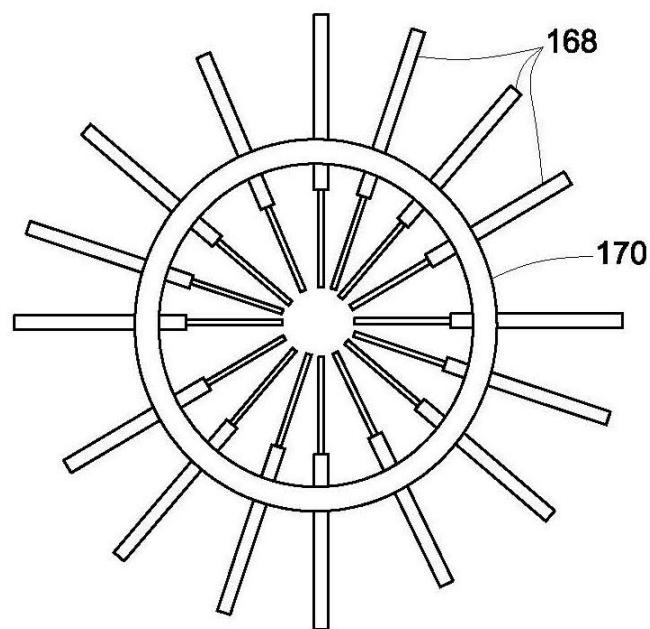


FIG. 23

【図24】

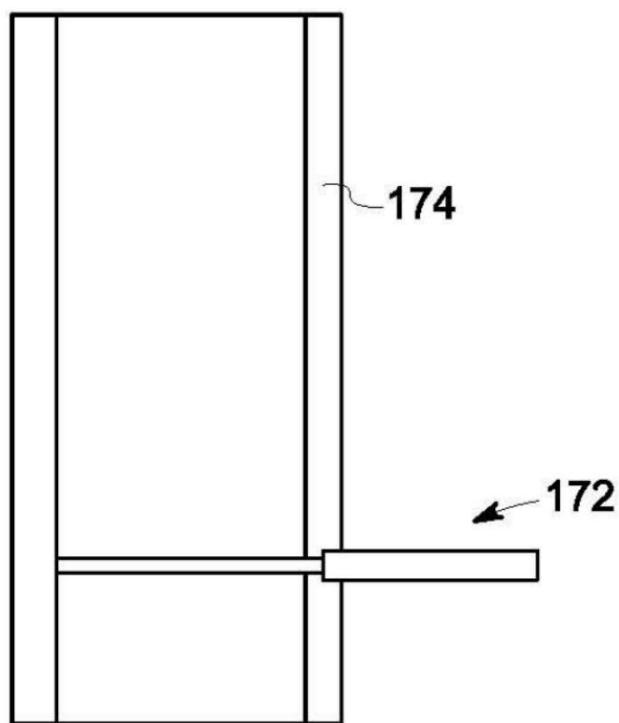


FIG. 24

【図25】

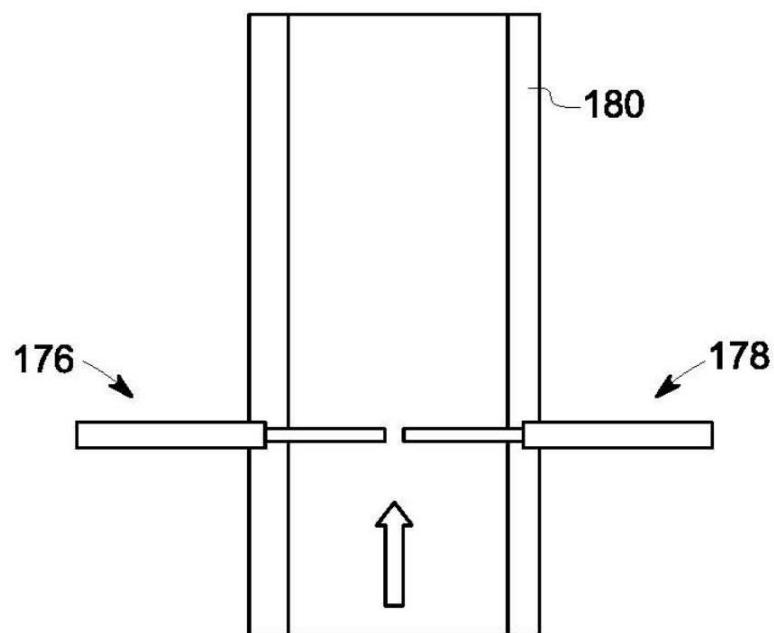


FIG. 25

【図26】

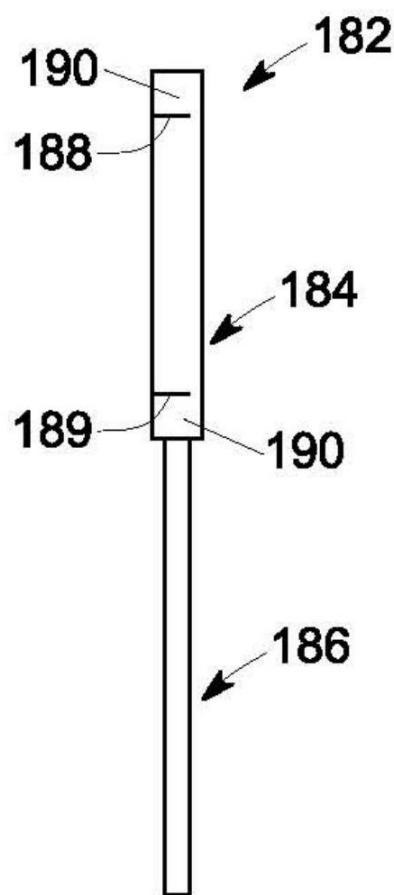


FIG. 26

【図27】

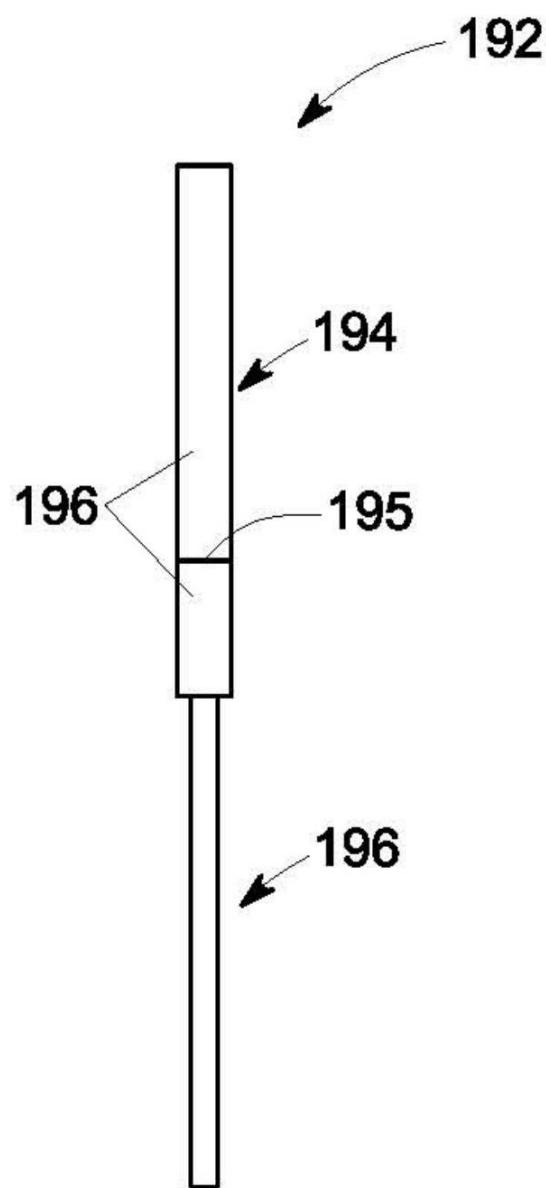


FIG. 27

## フロントページの続き

- (72)発明者 シヴァッパ・ニンガッパ・ゴラヴァール  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番、ジーイー・グローバル・リサーチ、パテント・ドケット・ルーム、ビルディング・ケイ1-4エイ59
- (72)発明者 エドワード・ランドール・ファーロング  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ビレリカ、テクノロジー・パーク・ドライブ、1100番、ジーイー・エナジー・サービスズ
- (72)発明者 マノジ・クマール・コイシッタ・ミーザル  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番、ジーイー・グローバル・リサーチ、パテント・ドケット・ルーム、ビルディング・ケイ1-4エイ59
- (72)発明者 ヴァムシ・クリシュナ・レッディ・コンマレッディ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番、ジーイー・グローバル・リサーチ、パテント・ドケット・ルーム、ビルディング・ケイ1-4エイ59
- (72)発明者 バスカラン・ガネサン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番、ジーイー・グローバル・リサーチ、パテント・ドケット・ルーム、ビルディング・ケイ1-4エイ59
- (72)発明者 シャオレイ・シャーリー・エイオー  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ビレリカ、テクノロジー・パーク・ドライブ、1100番、ジーイー・エナジー・サービスズ

審査官 高見重雄

- (56)参考文献 特開平03-073823(JP, A)  
特表2003-515108(JP, A)  
特開2000-310572(JP, A)  
米国特許第04483630(US, A)  
米国特許第02998723(US, A)  
米国特許第03540265(US, A)  
米国特許第03580058(US, A)  
米国特許第06912918(US, B1)  
米国特許第03350942(US, A)  
米国特許第04193291(US, A)  
特開平07-318436(JP, A)  
特開昭59-214726(JP, A)  
LAWRENCE C LYNNWORTH ET AL, Vortex Shredder Fluid Flow Sensor, IEEE SENSORS JOURNAL, 米国, IEEE SERVICE CENTER, 2006年12月 1日, vol. 6, no. 6, pages 1488-1496  
GOPALSAMI, IEEE TRANSACTIONS ON SONICS AND ULTRASONICS, 米国, 1984年 1月 1日, V SU-31 N1, P32-39  
KULCZYK W K, SENSORS AND ACTUATORS A, スイス, ELESEVIER SCIENCE, 1990年 3月 1日, V A22 N1/03, P663-669  
KIM J O ET AL, Torsional sensor applications in two-phase fluids, IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, 米国, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, 1993年 9月 1日, vol. 40, no. 5, pages 563-576

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 N 11/00 - 11/16  
G 01 N 29/00 - 29/52  
G 01 K 11/00 - 11/30  
G 01 N 9/00 - 9/36

JST Plus / JMED Plus / JST7580 (JDreamIII)  
Science Direct  
Thomson Innovation