

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-220266

(P2006-220266A)

(43) 公開日 平成18年8月24日(2006.8.24)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
F16K 31/02 (2006.01)	F16K 31/02 A	3H062
B81B 3/00 (2006.01)	B81B 3/00	5H307
G05D 7/06 (2006.01)	G05D 7/06 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2005-36230 (P2005-36230)
 (22) 出願日 平成17年2月14日 (2005.2.14)

特許法第30条第1項適用申請有り 2004年(平成16年)9月4日 社団法人日本機械学会発行の「2004年度年次大会講演論文集(2)」に発表

(71) 出願人 800000080
 タマティーエルオー株式会社
 東京都八王子市旭町9番1号 八王子スクエアビル11階

(74) 代理人 100094053
 弁理士 佐藤 隆久

(72) 発明者 小泉 安郎
 東京都八王子市中野町2665-1 工学院大学内

(72) 発明者 大竹 浩靖
 東京都八王子市中野町2665-1 工学院大学内

(72) 発明者 露木 智康
 東京都八王子市中野町2665-1 工学院大学内

最終頁に続く

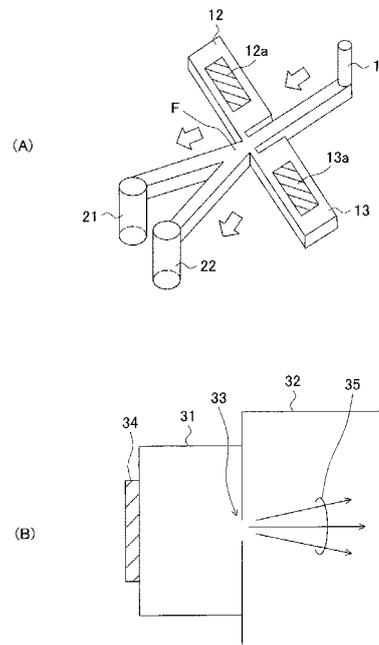
(54) 【発明の名称】 マイクロバルブ

(57) 【要約】

【課題】さらなる微細化に対応でき、例えば信号流路の流量をゼロとして流量の制御及び調節が可能なマイクロバルブマイクロバルブを提供する。

【解決手段】分岐部Fにおいて2つに分岐する主流路の外壁面に少なくとも1つの信号生成部(12, 13)が設けられており、信号生成部(12, 13)は、閉空間で構成され、分岐後の主流路の一方に近く、他方に遠い位置における分岐部Fの近傍において閉空間から主流路に臨む開口部を有しており、信号生成部(12, 13)の壁面には振動生成部(12a, 13a)が設けられている構成とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

分岐部において 2 つに分岐する主流路と、
前記主流路の外壁面に設けられた閉空間であって、分岐後の前記主流路の一方に近く、
他方に遠い位置における前記分岐部の近傍において前記閉空間から前記主流路に臨む開口
部を有する、少なくとも 1 つの信号生成部と、

前記信号生成部の壁面に設けられた振動生成部と
を有するマイクロバルブ

【請求項 2】

前記振動生成部により生成された振動により前記開口部を経て前記信号生成部から前記 10
主流路へ流れるマイクロジェットが生成され、

前記マイクロジェットの流量は、前記開口部を経て前記主流路から前記信号生成部へと
流れる流量と実質的に等しい

請求項 1 に記載のマイクロバルブ。

【請求項 3】

前記振動生成部が圧電素子である

請求項 1 または 2 に記載のマイクロバルブ。

【請求項 4】

前記振動生成部が断続的に加熱する加熱部である

請求項 1 または 2 に記載のマイクロバルブ。 20

【請求項 5】

前記信号生成部が分岐後の前記主流路の一方に近く、他方に遠い位置に 1 つ設けられ、
分岐後の前記主流路の一方に遠く、他方に近い位置に 1 つ設けられている

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のマイクロバルブ。

【請求項 6】

分岐後の前記主流路の一方に対して、他方の流量を増やすときに、分岐後の前記主流路
の一方に近く、他方に遠い位置の前記信号生成部に設けられた前記振動生成部を振動させ
る

請求項 5 に記載のマイクロバルブ。

【請求項 7】

分岐後の 2 つの前記主流路の断面形状が同じであり、分岐前の前記主流路に対して分岐
後の 2 つの前記主流路の進行方向が屈曲する角度が同じである

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載のマイクロバルブ。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はマイクロバルブに関し、特に微細化に対応したマイクロバルブに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、マイクロマシン技術に関する研究が盛んになされており、例えばマイクロマシン 40
技術に立脚したセンチ・インチオーダの機械、いわゆるスマートマシン製作技術の開発が
進められている。

このような微小機械に流体の流れが含まれる場合、流体の制御及び調節方法が 1 つの問題となる。

【0003】

図 8 は上記のようなマイクロバルブの一例の模式構成図である。

分岐部 F において所定の角度で 2 つに分岐する Y 字型の主流路の上流側に主流入口 1 0
1 が設けられ、2 つに分岐した主流路の下流側にそれぞれ出口 (1 1 1 , 1 1 2) が設け
られている。

主流路の分岐部 F の近傍に接続して 2 つの信号流路が設けられており、2 つの信号流路 50

のそれぞれに対して信号流入口(102, 103)が設けられている。

【0004】

上記のマイクロバルブにおいては、主流入口101から液体や気体などの流体が所定の流量で流入されると、流路内を流れて分岐部Fにおいて2つに分岐し、出口(111, 112)から流出される。

ここで、例えば分岐後の2つの主流路の断面形状が同じであり、分岐前の主流路に対して分岐後の2つの主流路の進行方向が屈曲する角度が同じであることにより、主流入口101から流入された流体が分岐部Fにおいて均等に分割されて等しい流量で出口(111, 112)から流出する構成となっており、信号流入口(102, 103)の一方または両方から所定の流量で流体を流すことで、分岐後の流量に差をもたらすことができる。

10

【0005】

上記のマイクロバルブにおいて、さらなる微細化を行うためには信号流路の流量を小さく、例えばゼロにすることが求められるが、これは非常に困難であり、微細化に対応することが困難となっていた。

【0006】

非特許文献1には、流路に開口部を持つ流路壁面に取り付けられた小箱の底面を振動させることにより、開口部から流路へ向かって、実質流量のないマイクロジェット(zero-net-mass-flux jet)が形成できることが示すシミュレーションによる研究が示されている。

【非特許文献1】三輪潤一、笠木伸英、鈴木雄二、和田直晃、「マイクロジェット・アクチュエータにより誘起される流れの数値シミュレーション」日本機械学会熱工学コンファレンス、2003講演論文集、D224(2003)

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は上記の状況に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、マイクロバルブのさらなる微細化に対応でき、例えば信号流路の流量をゼロとして流量の制御及び調節が可能なマイクロバルブを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するため、本発明のマイクロバルブは、分岐部において2つに分岐する主流路と、前記主流路の外壁面に設けられた閉空間であって、分岐後の前記主流路の一方に近く、他方に遠い位置における前記分岐部の近傍において前記閉空間から前記主流路に臨む開口部を有する、少なくとも1つの信号生成部と、前記信号生成部の壁面に設けられた振動生成部とを有する。

30

【0009】

上記の本発明のマイクロバルブは、分岐部において2つに分岐する主流路の外壁面に少なくとも1つの信号生成部が設けられている。

信号生成部は、閉空間で構成され、分岐後の主流路の一方に近く、他方に遠い位置における分岐部の近傍において閉空間から主流路に臨む開口部を有している。

40

また、信号生成部の壁面には振動生成部が設けられている。

【0010】

上記の本発明のマイクロバルブは、好適には、前記振動生成部により生成された振動により前記開口部を経て前記信号生成部から前記主流路へ流れるマイクロジェットが生成され、前記マイクロジェットの流量は、前記開口部を経て前記主流路から前記信号生成部へと流れる流量と実質的に等しい。

【0011】

上記の本発明のマイクロバルブは、好適には、前記振動生成部が圧電素子あるいは断続的に加熱する加熱部である。

【0012】

50

上記の本発明のマイクロバルブは、好適には、前記信号生成部が分岐後の前記主流路の一方に近く、他方に遠い位置に1つ設けられ、分岐後の前記主流路の一方に遠く、他方に近い位置に1つ設けられている。

さらに好適には、分岐後の前記主流路の一方に対して、他方の流量を増やすときに、分岐後の前記主流路の一方に近く、他方に遠い位置の前記信号生成部に設けられた前記振動生成部を振動させる。

【0013】

上記の本発明のマイクロバルブは、好適には、分岐後の2つの前記主流路の断面形状が同じであり、分岐前の前記主流路に対して分岐後の2つの前記主流路の進行方向が屈曲する角度が同じである。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明のマイクロバルブによれば、振動生成部によって生成された振動により、開口部を経て信号生成部から主流路へ流れるマイクロジェットを生成することができ、このマイクロジェットの作用により分岐後の2つの流路の流量の制御及び調節が可能であり、マイクロジェットの流量が開口部を経て主流路から信号生成部へと流れる流量と実質的に等しく、信号流路の流量がゼロであることに相当するマイクロバルブであり、さらなる微細化に対応することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下に、本発明に係るマイクロバルブの実施の形態について、図面を参照して説明する。

20

図1(A)は本実施形態に係るマイクロバルブの模式構成図である。

分岐部Fにおいて所定の角度で2つに分岐するY字型の主流路の上流側に主流入口11が設けられ、2つに分岐した主流路の下流側にそれぞれ出口(21, 22)が設けられている。

例えば、分岐後の2つの主流路の断面形状が同じであり、分岐前の主流路に対して分岐後の2つの主流路の進行方向が屈曲する角度が同じである構成となっており、即ち、主流路は分岐前の主流路の中心線に対して対称な形状となっている。

【0016】

ここで、分岐部Fにおいて2つに分岐する主流路の外壁面に、2つの信号生成部(12, 13)が設けられている。信号生成部(12, 13)は、それぞれ同一形状の閉空間で構成されており、一方の信号生成部12は分岐後の出口21側の主流路に近く、出口22側の主流路に遠い位置において分岐部Fの近傍において閉空間から主流路に臨む開口部を有するように構成されている。他方の信号生成部13も同様に、分岐後の出口22側の主流路に近く、出口21側の主流路に遠い位置において分岐部Fの近傍において閉空間から主流路に臨む開口部を有するように構成されている。このようにして、信号生成部(12, 13)は分岐部F近傍において対称な位置にそれぞれ設けられている。

30

上記のような主流路及び信号生成部の内部は、水などの液体あるいは空気などの気体である流体で満たされており、主流路内を上流である主流入口11側から下流である出口(21, 22)へと流体が流される。

40

【0017】

また、信号生成部(12, 13)の壁面には、それぞれ振動生成部(12a, 13a)が設けられている。

振動生成部(12a, 13a)は、例えば、圧電素子(ピエゾ素子)、あるいは、断続的に加熱する加熱部などで構成されている。断続的に加熱する加熱部は、加熱で生じる気化による気泡生成と、加熱停止による気泡消滅を繰り返すことで実質的に流体に振動を与えるものである。

【0018】

図1(B)は本発明の実施形態に係るマイクロバルブに用いるマイクロジェットの生成

50

機構を説明する模式図である。

閉空間である信号生成部 3 1 が主流路 3 2 の外壁面に設けられており、信号生成部 3 1 から主流路 3 2 に臨む開口部 3 3 が設けられており、信号生成部 3 1 と主流路 3 2 の内部は液体などの流体で満たされている。

さらに信号生成部 3 1 のいずれかの壁面に振動生成部 3 4 が設けられている。

上記のような構成において、振動生成部 3 4 によって生成された振動により、開口部 3 3 を経て信号生成部 3 1 から主流路 3 2 へ流れるマイクロジェット 3 5 を生成することができる。

マイクロジェット 3 5 の流量は、開口部 3 3 を経て主流路 3 2 から信号生成部 3 1 へと流れる流量と実質的に等しく、信号流路の流量がゼロであることに相当する。即ち、上記のマイクロジェットは、実質流量のないマイクロジェット (zero-net-mass-flux jet) である。

上記のようなマイクロジェットを生成するために振動生成部で生成する振動の周波数は、例えば数 10 ~ 数 100 Hz である。

【0019】

図 1 (A) に示すマイクロバルブにおいて、主流入口 1 1 から液体や気体などの流体が所定の流量で流入されると、流路内を流れて分岐部 F において 2 つに分岐し、出口 (2 1, 2 2) から流出される。

ここで、例えば分岐後の 2 つの主流路の断面形状が同じであり、分岐前の主流路に対して分岐後の 2 つの主流路の進行方向が屈曲する角度が同じであることにより、主流入口 1 1 から流入された流体が分岐部 F において均等に分割されて等しい流量で出口 (2 1, 2 2) から流出する構成となっている。

【0020】

ここで、上記のように振動生成部によって生成された振動により、開口部を経て信号生成部から主流路へ流れるマイクロジェットを生成することができ、このマイクロジェットの作用により、分岐後の流量に差をもたらすことができる。

具体的には、分岐後の主流路の一方に対して、他方の流量を増やすときには、分岐後の主流路の一方に近く、他方に遠い位置の信号生成部に設けられた振動生成部を振動させる。即ち、出口 2 2 の流量を増やす場合には、出口 2 2 へと流れる流路に遠く、出口 2 1 へと流れる流路に近い振動生成部 1 2 に設けられた振動生成部 1 2 a で振動を生成する。

ここで、流量に差をもたらす効果を高めるために、信号生成部の開口部の位置を分岐部 F の近傍とする。分岐部から離れるに従い、上記の効果は小さくなっていく。

【0021】

本発明のマイクロバルブによれば、振動生成部によって生成された振動により、開口部を経て信号生成部から主流路へ流れるマイクロジェットを生成することができ、このマイクロジェットの作用により分岐後の 2 つの流路の流量の制御及び調節が可能であり、マイクロジェットの流量が開口部を経て主流路から信号生成部へと流れる流量と実質的に等しく、信号流路の流量がゼロであることに相当するマイクロバルブであり、さらなる微細化に対応することができる。

【0022】

第 1 実施例

図 2 は本実施例において用いたマイクロジェット生成装置の構成を示す模式図である。

閉空間である信号生成部 3 1 が主流路 3 2 の外壁面に設けられており、信号生成部 3 1 から主流路 3 2 に臨む開口部 3 3 が設けられた構成とした。信号生成部 3 1 と主流路 3 2 の大きさとその間隔は、図中の数値 (単位は mm) で示した。信号生成部 3 1 から主流路 3 2 に臨む開口部 3 3 の幅は 0.5 mm であり、主流路 3 2 側に突き出した形状とした。また、装置全体の紙面垂直方向の厚さは 1 mm とした。また、信号生成部 3 1 の壁面に振動生成部として piezo 素子 (不図示) を設けた。

上記の構成の信号生成部 3 1 と主流路 3 2 の内部に、トレーサ粒子を混入した試験流体で満たし、振動生成部によって生成された振動により生成されるマイクロジェットを高

10

20

30

40

50

速度カメラで撮影し、画像解析を行って開口部近傍において生成されるジェット速度を算出した。

【0023】

図3(A)は開口部33の主流路32側出口近傍付近におけるジェット速度を、開口部33の出口からの距離に対してプロットしたグラフであり、速度としては信号生成部31から主流路32への向きを正の値としている。

ジェット速度は、主流路32側出口から1mm程度離れた位置で約0.1mm/秒を超える速度を有することが実験的に確認された。

【0024】

同様に、信号生成部31から主流路32に臨む開口部33の幅を0.2mmとし、装置全体の紙面垂直方向の厚さを0.2mmとした場合において、上記と同様の実験を行った。

10

【0025】

図3(B)は開口部33の主流路32側出口近傍付近におけるジェット速度を、開口部33の出口からの距離に対してプロットしたグラフである。

ジェット速度は、主流路32側出口から0.2mm程度離れた位置で約5mm/秒程度の速度を有することが実験的に確認された。速度がマイナスになる部分が多くなるが、これはジェットが小さいために行ける渦が小さくなり、その戻り成分が平均速度に反映されているためと考えられる。

【0026】

20

第2実施例

図4(A)は本実施例において用いたマイクロバルブの構成を示す模式図である。

分岐部Fにおいて所定の角度で2つに分岐するY字型の主流路の上流側に主流入口11を設け、2つに分岐した主流路の下流側にそれぞれ出口(21, 22)を設けた。主流路は、幅1mm、紙面垂直方向の厚さ1mmの正方形の断面形状とし、2つに分岐した主流路の角度は30°とした。

また、分岐部Fにおいて2つに分岐する主流路の外壁面に、2つの信号生成部(12, 13)を設けた。信号生成部12は分岐後の出口21側の主流路に近く、出口22側の主流路に遠い位置に、信号生成部13は分岐後の出口22側の主流路に近く、出口21側の主流路に遠い位置に、それぞれ幅0.5mm、紙面垂直方向の厚さ1mmの開口部で分岐部Fの近傍において閉空間から主流路に臨むように構成した。

30

【0027】

図4(B)は本実施例の比較例として用いたマイクロバルブの構成を示す模式図である。

分岐部Fにおいて所定の角度で2つに分岐するY字型の主流路の上流側に主流入口101を設け、2つに分岐した主流路の下流側にそれぞれ出口(111, 112)を設けた。主流路は、幅1mm、紙面垂直方向の厚さ1mmの正方形の断面形状とし、2つに分岐した主流路の角度は30°とした。

また、主流路の分岐部Fの近傍に接続して2つの信号流路を設け、2つの信号流路のそれぞれに対して信号流入口(102, 103)を設けた。信号流路は、それぞれ幅0.5mm、紙面垂直方向の厚さ1mmとした。

40

【0028】

図5(A)は図4(A)に示す本実施例のマイクロバルブの流量制御試験を行う実験装置の構成図である。

精製水を満たしたタンク41から下方に伸びる配管を接続し、流量計であるロータメータ(Rotameter)42とバルブ43を介して、タンク41から下方に1500mm離れた位置において主流路が水平となるように置かれた図4(A)の構成のマイクロバルブ44の主流入口に、タンク41からの配管を接続した。一方、ファンクションジェネレータ45に接続した piezo 電源46をマイクロバルブ44に設けられた piezo 素子47に接続した。マイクロバルブ44の大気開放した流路出口から流れ出る水を下部タンク4

50

8 中のメスシリンダで受け、流量を測定した。

上記のマイクロバルブの主流路及び信号生成部の内部を精製水で満たし、タンク 4 1 から主流路内を上流である主流入口 1 1 側から下流である出口 (2 1 , 2 2) へと約 6 0 m l / 分の流速で精製水を流した。ここで、各出口から等分されて流出していることを確認し、ついで信号生成部 (1 2 , 1 3) のいずれか一方のピエゾ素子に通電し、2つの出口からの流量を測定しながらピエゾ振動周波数を段階的に変化させた。尚、本実施例で用いたピエゾ素子のストロークは 7 μ m であった。

【 0 0 2 9 】

図 5 (B) は図 4 (B) に示す本実施例の比較例マイクロバルブの流量制御試験を行う実験装置の構成図である。

精製水を満たしたタンク 4 1 から下方に伸びる配管を接続し、ロータメータ 4 2 とバルブ 4 3 を介して、タンク 4 1 から下方に 1 5 0 0 m m 離れた位置において主流路が水平となるように置かれた図 4 (B) の構成のマイクロバルブ 4 4 の主流入口および信号流入口に、タンク 4 1 からの配管を接続した。マイクロバルブ 4 4 の大気開放した流路出口から流れ出る水を下部タンク 4 8 中のメスシリンダで受け、流量を測定した。

上記のマイクロバルブの主流路及び信号流路の内部を精製水で満たし、タンク 4 1 から主流路内を上流である主流入口 1 0 1 側から下流である出口 (1 1 1 , 1 1 2) へと約 6 0 m l / 分の流速で精製水を流した。ここで、各出口から等分されて流出していることを確認し、ついで信号流入口 (1 0 2 , 1 0 3) のいずれか一方に精製水を流し、2つの出口からの流量を測定しながら信号流入口への流量を段階的に変化させた。

【 0 0 3 0 】

図 6 (A) は図 5 (A) に示す実験装置を用いて本実施例のマイクロバルブの流量制御実験を行った結果を示すグラフである。図 4 (A) 中の信号生成部 1 3 のピエゾ素子に電圧を印加して振動を発生させたときの振動の周波数に対する、2つの出口から流れる精製水の流量の変化を示し、黒丸は出口 2 1 からの流量、白丸は出口 2 2 からの流量である。

また、図 6 (B) は図 6 (A) の縦軸方向に拡大した図である。

周波数ゼロにおいて2つの流量が完全に等しくないのは、装置の精度上の問題である。

図 6 (A) 及び (B) に示すように、信号生成部に印加する振動の周波数をゼロから高く変化させるにつれて、2つの流量の差が拡大していき、より詳しくは、出口 2 1 からの流量が徐々に増えていき、一方、出口 2 2 からの流量が徐々に減ってきていることが確認された。

即ち、分岐後の主流路の一方に近く、他方に遠い位置の信号生成部に設けられた振動生成部を振動させることで、分岐後の主流路の一方に対して、他方の流量を増やすことができた。

上記の両出口の流量の差を大きくするには、例えばよりストロークの大きなピエゾ素子を用いることが考えられる。また、よりマイクロバルブ全体のサイズをより小さくすることで、より大きな効果が期待できる。

【 0 0 3 1 】

図 7 は図 5 (B) に示す実験装置を用いて本実施例の比較例のマイクロバルブの流量制御実験を行った結果を示すグラフである。図 4 (B) 中の信号流入口 1 0 2 への流量に対する、2つの出口から流れる精製水の流量の変化を示し、黒丸は出口 1 1 1 からの流量、白丸は出口 1 1 2 からの流量である。

図 7 に示すように、信号流入部 1 0 2 への流量を多く変化させるにつれて、出口 1 1 2 からの流量が徐々に増えていき、一方、出口 1 1 1 からの流量はほぼ変化しなかった。

これは、信号流入部 1 0 2 へのからの流量がそのまま、信号流入部 1 0 2 の信号流路から遠い側の主流路に流れて出口 1 1 2 からの流量のみが増加したためと考えられる。

【 0 0 3 2 】

本発明は上記の説明に限定されない。

例えば、実施形態においては信号生成部を 2 つ設けているが、必ずしも 2 つでなくてもよく、少なくとも 1 つ設けられていればよい。

10

20

30

40

50

信号生成部が2つ設けられている場合、いずれか一方の出口からの流れる流体を主流入口に流体を供給するための流体を保持するタンクなどの上流に戻してもよい。

振動生成部は信号生成部のいずれの壁面に設けられていてもよい。

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0033】

本発明のマイクロバルブは、マイクロマシンにおいて流体の流れが含まれる場合の流体の制御及び調節をするマイクロバルブに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】図1(A)は本発明の実施形態に係るマイクロバルブの模式構成図であり、図1(B)は本発明の実施形態に係るマイクロバルブに用いるマイクロジェットの生成機構を説明する模式図である。

【図2】図2は第1実施例において用いたマイクロジェット生成装置の構成を示す模式図である。

【図3】図3(A)及び(B)は第1実施例において測定したジェット速度プロットしたグラフである。

【図4】図4(A)はそれぞれ第2実施例において用いたマイクロバルブの構成を示す模式図であり、図4(B)は第2実施例の比較例のマイクロバルブの構成を示す模式図である。

【図5】図5(A)及び(B)は第2実施例及びその比較例のマイクロバルブの流量制御試験を行う実験装置の構成図である。

【図6】図6(A)および(B)は第2実施例のマイクロバルブの流量制御実験を行った結果を示すグラフである。

【図7】図7は第2実施例の比較例のマイクロバルブの流量制御実験を行った結果を示すグラフである。

【図8】図8は従来例に係るマイクロバルブの模式構成図である。

【符号の説明】

【0035】

11 ... 主流入口

12, 13 ... 信号生成部

12a, 13a ... 振動生成部

21, 22 ... 出口

31 ... 信号生成部

32 ... 主流路

33 ... 開口部

34 ... 振動生成部

35 ... マイクロジェット

41 ... タンク

42 ... ロータメータ

43 ... バルブ

44 ... マイクロバルブ

45 ... ファンクションジェネレータ

46 ... ピエゾ電源

47 ... ピエゾ素子

48 ... 下部タンク

101 ... 主流入口

102, 103 ... 信号流入口

111, 112 ... 出口

F ... 分岐部

10

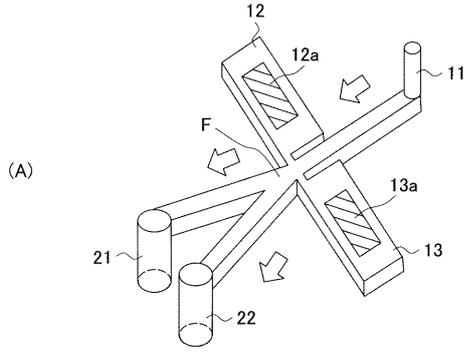
20

30

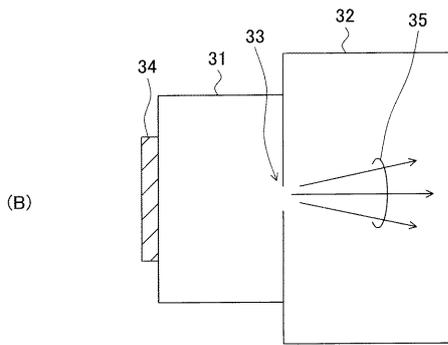
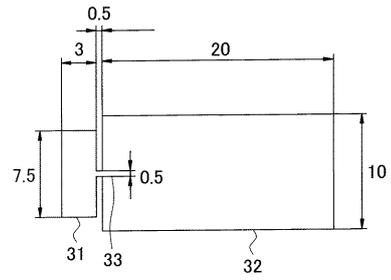
40

50

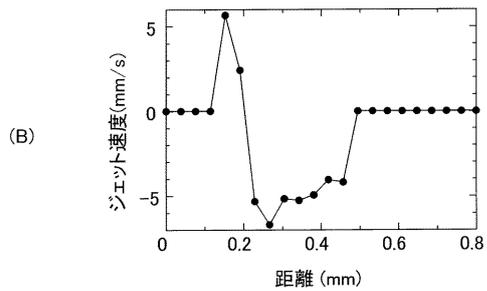
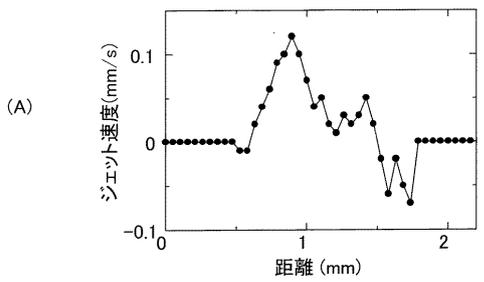
【 図 1 】



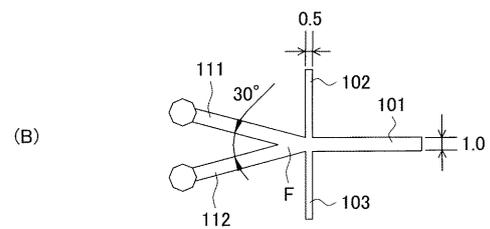
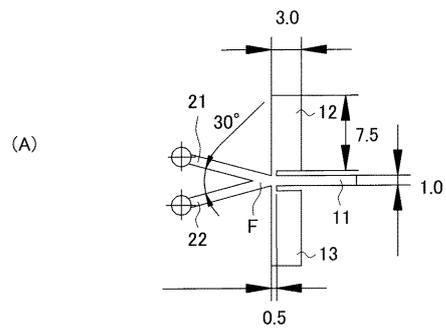
【 図 2 】



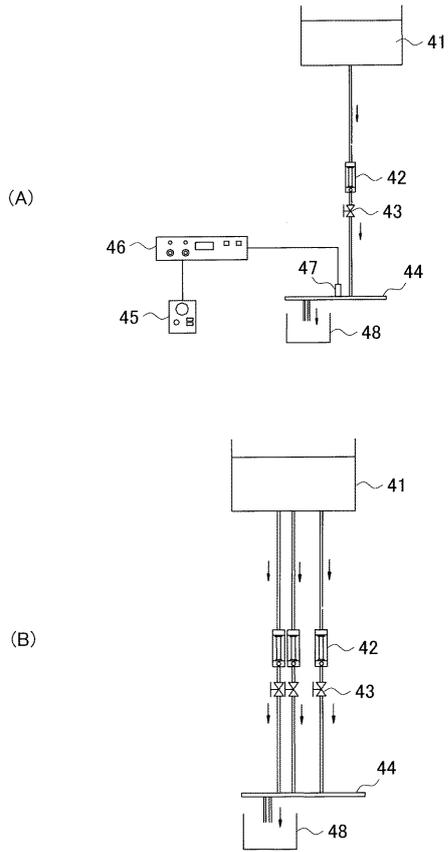
【 図 3 】



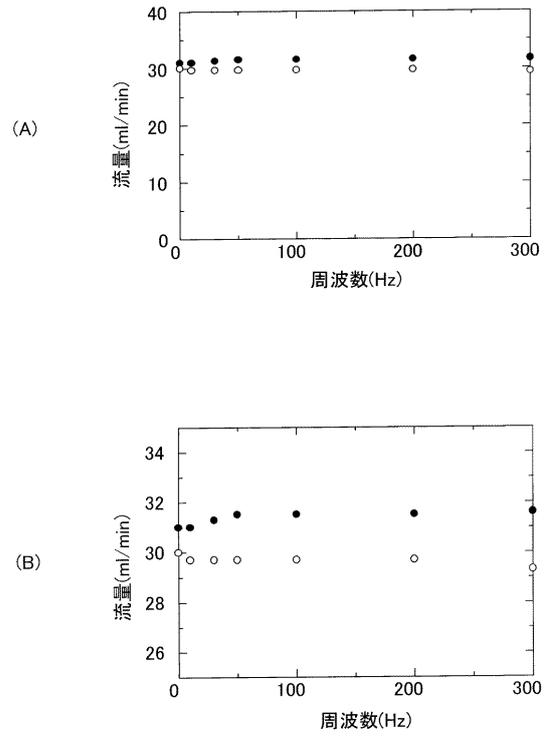
【 図 4 】



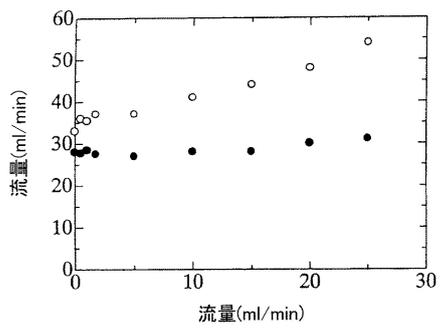
【 図 5 】



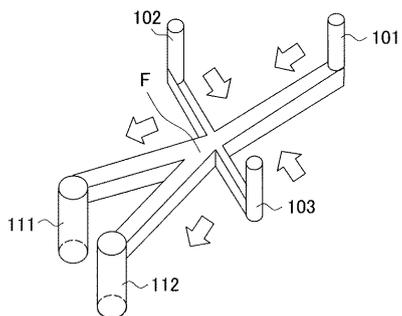
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3H062 AA13 BB30 BB33 CC05 HH01
5H307 BB06 CC03 DD11 ES05 JJ10