

(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2009-285116

(P2009-285116A)

(43) 公開日 平成21年12月10日(2009.12.10)

(51) Int.Cl.  
A61B 17/32 (2006.01)F1  
A61B 17/32テーマコード (参考)  
4C160

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-140510 (P2008-140510)  
(22) 出願日 平成20年5月29日 (2008.5.29)(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(74) 代理人 100095728  
弁理士 上柳 雅誉  
(74) 代理人 100107261  
弁理士 須澤 修  
(74) 代理人 100127661  
弁理士 宮坂 一彦  
(72) 発明者 瀬戸 毅  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
(72) 発明者 河角 和夫  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
Fターム(参考) 4C160 FF10

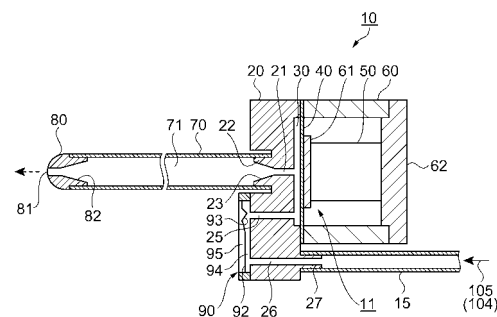
(54) 【発明の名称】 流体噴射装置、流体噴射装置の駆動方法、手術装置

## (57) 【要約】

【課題】容積可変手段を駆動しない停止期間において、液体が流出しない流体噴射装置を提供する。

【解決手段】流体噴射装置1は、流体室30の容積をダイヤフラム40により縮小し、ノズル開口部81から液体をパルス状に噴射する流体噴射装置であって、流体室30に流体を供給する入口流路25と、ノズル開口部81を有し流体室30から液体を吐出する出口流路21と、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動されるダイヤフラム40を含む容積可変手段11と、容積可変手段11の駆動期間に入口流路25を開放し、停止期間に入口流路25を閉塞する開閉手段としてのマイクロバルブ90と、が備えられている。このようにして、容積可変手段11を駆動しない停止期間において、液体の流出を防止することができる。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

流体室の容積をダイヤフラムにより縮小し、ノズル開口部から流体をパルス状に噴射する流体噴射装置であって、

前記流体室に流体を供給する入口流路と、

前記ノズル開口部を有し前記流体室から流体を吐出する出口流路と、

脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される前記ダイヤフラムを含む容積可変手段と、

前記容積可変手段の駆動期間に前記入口流路を開放し、停止期間に前記入口流路を閉塞する開閉手段と、

10

が備えられていることを特徴とする流体噴射装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の流体噴射装置において、

前記開閉手段が、前記入口流路に連通する接続流路室と密閉された圧力空間とに分割する隔壁と、前記隔壁に前記入口流路に向かって突設される封止部と、前記隔壁を変位させるアクチュエータと、を備え、前記隔壁の変位に伴い前記封止部により前記入口流路の開放及び閉塞を行うマイクロバルブであることを特徴とする流体噴射装置。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の流体噴射装置において、

前記隔壁が変位しない初期状態で前記入口流路が閉塞され、前記隔壁が変位した状態で前記入口流路が開放されることを特徴とする流体噴射装置。

20

**【請求項 4】**

請求項 2 に記載の流体噴射装置において、

前記隔壁が変位した状態で前記入口流路が閉塞され、前記隔壁が変位しない初期状態で前記入口流路が開放されることを特徴とする流体噴射装置。

**【請求項 5】**

請求項 2 に記載の流体噴射装置において、

前記隔壁が変位しない初期状態から前記隔壁を一方に変位させて前記入口流路が閉塞され、他方に変位させて前記入口流路が開放されることを特徴とする流体噴射装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の流体噴射装置において、

前記駆動波形の出力タイミングが、前記容積可変手段の起動から少なくとも前記流体室の内部に流体が流入する速度が最大になるまでの遅延時間を有して設定されていることを特徴とする流体噴射装置。

30

**【請求項 7】**

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の流体噴射装置において、

前記容積可変手段の起動タイミングと、前記入口流路の開放タイミングが略一致していることを特徴とする流体噴射装置。

**【請求項 8】**

請求項 2 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の流体噴射装置において、

前記接続流路室に流体を供給する流体供給路がさらに設けられると共に、前記入口流路と前記流体供給路との間の位置にあって前記圧力空間側に突起部が設けられ、

40

前記入口流路を閉塞しているとき、前記流体供給路から供給される流体の圧力によって前記隔壁の前記流体供給路の近傍が前記圧力空間の容積を縮小する方向に押圧され、前記突起部を支点、前記流体供給路の近傍を力点、前記封止部を作用点とするてこで前記封止部を押圧することを特徴とする流体噴射装置。

**【請求項 9】**

請求項 2 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の流体噴射装置において、

前記封止部が前記入口流路を閉塞している状態の場合、前記流体供給路からの流体供給圧力により前記隔壁が変位して前記圧力空間の容積が縮小され、前記圧力空間の内部圧力

50

が前記流体室の内部圧力よりも上昇することにより、前記封止部が前記圧力空間と前記流体室との圧力差によって前記入口流路を押圧することを特徴とする流体噴射装置。

【請求項 10】

請求項 2 に記載の流体噴射装置において、

前記封止部の先端に円錐状の斜面部が設けられ、前記斜面部で前記入口流路を閉塞することを特徴とする流体噴射装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の流体噴射装置において、

前記入口流路の合成イナータンスが前記出口流路の合成イナータンスよりも大きいことを特徴とする流体噴射装置。

10

【請求項 12】

請求項 2 に記載の流体噴射装置において、

前記アクチュエータに、ユニモルフ型またはバイモルフ型アクチュエータを用いていることを特徴とする流体噴射装置。

【請求項 13】

請求項 2 に記載の流体噴射装置において、

前記アクチュエータに、積層型圧電素子を用いていることを特徴とする流体噴射装置。

【請求項 14】

請求項 8 に記載の流体噴射装置において、

前記隔壁が、前記流体供給路を中心とする同心円の波型構造部を有することを特徴とする流体噴射装置。

20

【請求項 15】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の流体噴射装置において、

前記入口流路を開放してから前記流体室の内部に流体が流入する速度が最大になるときに前記脈動波形を出力することを特徴とする流体噴射装置。

【請求項 16】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の流体噴射装置において、前記流体室の容積が最小になったときから容積が復帰する間に前記入口流路を閉塞することを特徴とする流体噴射装置。

【請求項 17】

流体室の容積をダイヤフラムにより縮小し、ノズル開口部から流体をパルス状に噴射する流体噴射装置の駆動方法であって、

30

脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される前記ダイヤフラムを含む容積可変手段の駆動期間に、前記流体室に流体を供給する入口流路を開閉手段により開放し、

前記容積可変手段の停止期間に前記入口流路を前記開閉手段により閉塞することを特徴とする流体噴射装置の駆動方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の流体噴射装置の駆動方法であって、

前記入口流路を開放してから前記流体室の内部に流体が流入する速度が最大になるときに前記脈動波形を出力し、前記流体室の容積が最小になったときから容積が復帰する間に前記入口流路を閉塞することを特徴とする流体噴射装置の駆動方法。

40

【請求項 19】

流体室と、ダイヤフラムと、

前記流体室に流体を供給する入口流路と、

ノズル開口部を有し前記流体室から流体を吐出する出口流路と、

切除硬度情報に基づき生成され、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される前記ダイヤフラムを含む容積可変手段と、

前記容積可変手段の駆動期間に前記入口流路を開放し、停止期間に前記入口流路を閉塞する開閉手段と、が備えられ、

50

前記流体室の容積を前記ダイヤフラムにより縮小し、前記ノズル開口部から流体をパルス状に噴射し、生体の切除または切開を行うことを特徴とする手術装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体室の容積をダイヤフラムにより縮小し、ノズル開口部から流体をパルス状に噴射する流体噴射装置、手術装置及び駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高速でパルス状に噴射される流体による手術は、血管等の脈管構造を保存しながら臓器実質を切開することが可能であり、さらに、切開部以外の生体組織に与える付随的損傷が軽微であることから患者負担が小さく、また、出血が少ないため出血が術野の視界を妨げないことから迅速な手術が可能であり、特に微小血管からの出血に難渋する肝切除等に臨床応用されている。

【0003】

高速でパルス状に噴射される流体による手術装置として、流体室（ポンプ室）の容積をダイヤフラムにより急激に縮小し、出口流路管の先端方向に設けられるノズル開口部（流体噴射開口部）から流体をパルス状に噴射する流体噴射装置がある（例えば、特許文献1参照）。このような流体噴射装置では、入口流路と流体室の間、または出口流路と流体室の間に逆止弁を備えて構成されている。

【0004】

【特許文献1】特開2005-152127号公報（第7頁、図1、6）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このような特許文献1によれば、入口流路側に設けられる逆止弁は流体の流動方向に開放され流体室への流体流動を促し、流体室からの逆流を防止している。一方、出口流路側の逆止弁は流体の吐出方向に開放し、流体室への逆流を防止している。しかしながら、ダイヤフラムを駆動しない状態（つまり、流体室の容積が縮小されない初期状態）においても入口流路から供給される流体の供給圧力によって逆止弁が開放され、出口流路から外部に流体が流出することが考えられる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0007】

〔適用例1〕本適用例に係る流体噴射装置は、流体室の容積をダイヤフラムにより縮小し、ノズル開口部から流体をパルス状に噴射する流体噴射装置であって、前記流体室に流体を供給する入口流路と、前記ノズル開口部を有し前記流体室から流体を吐出する出口流路と、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される前記ダイヤフラムを含む容積可変手段と、前記容積可変手段の駆動期間に前記入口流路を開放し、停止期間に前記入口流路を閉塞する開閉手段と、が備えられていることを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、容積可変手段の駆動期間、つまり駆動波形の出力期間では入口流路を開放して流体室内に流体を供給しダイヤフラムにより流体室の容積を急激に縮小して流体をパルス状に噴射させる。一方、容積可変手段を停止している期間では流体室と入口流路との間を開閉手段によって閉塞する。従って、入口流路とノズル開口部との間の流路を遮断することにより、停止期間中におけるノズル開口部からの流体流出による流体の滴下を防止することができる。

【0009】

10

20

30

40

50

なお、容積可変手段の停止期間中であっても流体室からノズル開口部の間流体が残留しているが、この場合、流体室からノズル開口部に至る流路内の圧力は少なくとも外部の大気圧と同等になり、静的状態では流体の流出はなく、また連続的な流出はない。

【 0 0 1 0 】

〔適用例 2〕上記適用例に係る流体噴射装置において、前記開閉手段が、前記入口流路に連通する接続流路室と密閉された圧力空間とに分割する隔壁と、前記隔壁に前記入口流路に向かって突設される封止部と、前記隔壁を変位させるアクチュエータと、を備え、前記隔壁の変位に伴い前記封止部により前記入口流路の開放及び閉塞を行うマイクロバルブであることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

上記構成によれば、入口流路を開放及び閉塞する開閉手段をマイクロバルブとし、アクチュエータにより隔壁を変位することで、入口流路の開放と閉塞のタイミングを容積可変手段の駆動及び停止の最適タイミングに合わせることが容易に行えるという効果がある。

【 0 0 1 2 】

〔適用例 3〕上記適用例に係る流体噴射装置において、前記隔壁が変位しない初期状態で前記入口流路が閉塞され、前記隔壁が変位した状態で前記入口流路が開放されることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

このような構成によれば、容積可変手段を駆動している期間のみアクチュエータに駆動信号を入力して隔壁を変位すればよいので、消費電力を低減することができる。

【 0 0 1 4 】

〔適用例 4〕また、前記隔壁が変位した状態で前記入口流路が閉塞され、前記隔壁が変位しない初期状態で前記入口流路が開放されることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

このようにすれば、アクチュエータに駆動信号を入力して隔壁を変位させた状態で入口流路を閉塞するので、閉塞に必要な押圧力を安定して得ることができ、入口流路をより確実に閉塞することができる。

【 0 0 1 6 】

〔適用例 5〕また、前記隔壁が変位しない初期状態から前記隔壁を一方に変位させて前記入口流路が閉塞され、他方に変位させて前記入口流路が開放されることが望ましい。

【 0 0 1 7 】

このように、アクチュエータにより隔壁を強制的に変位させて入口流路の開放及び閉塞を行うことにより、開放及び閉塞をより確実に、しかも所望のタイミングで行うことができる。

【 0 0 1 8 】

〔適用例 6〕上記適用例に係る流体噴射装置において、前記駆動波形の出力タイミングが、前記容積可変手段の起動から少なくとも前記流体室の内部に流体が流入する速度が最大になるまでの遅延時間を有して設定されていることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

流体が流体室内に流入する速度は、入口流路を開放してから徐々に増加し、流体室を充填する直前で最大となる。また、駆動波形は前述したように脈動波形と休止波形とを組み合わせ構成されており、遅延時間は、駆動波形立ち上がり時の休止波形に置き換えることができる。この遅延時間後のタイミングで脈動波形を出力することによって、容積可変手段の起動直後から高速の流体を噴射させることができる。

【 0 0 2 0 】

〔適用例 7〕上記適用例に係る流体噴射装置において、前記容積可変手段の起動タイミングと、前記入口流路の開放タイミングが略一致していることが望ましい。

【 0 0 2 1 】

容積可変手段の起動と入口流路の開放タイミングを合わせることにより、流体を流体室に充分供給した後、駆動波形を出力することで起動初期から流体噴射を可能とすることが

10

20

30

40

50

できる。

【 0 0 2 2 】

[ 適用例 8 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記接続流路室に流体を供給する流体供給路がさらに設けられると共に、前記入口流路と前記流体供給路との間の位置にあって前記圧力空間側に突起部が設けられ、前記入口流路を閉塞しているとき、前記流体供給路から供給される流体の圧力によって前記隔壁の前記流体供給路の近傍が前記圧力空間の容積を縮小する方向に押圧され、前記突起部を支点、前記流体供給路の近傍を力点、前記封止部を作用点とするてこで前記封止部を押圧することが好ましい。

【 0 0 2 3 】

このようにすれば、流体供給路から供給される圧力を上記突起部を支点としたてこにより封止部に押圧力を加えることから、より確実に入口流路を閉塞することができる。このような構成は、前述した隔壁が変位しない初期状態で入口流路を閉塞する構造、隔壁を変位させた状態で入口流路を閉塞する構造、のどちらにも封止部の押圧力を高める効果がある。

【 0 0 2 4 】

[ 適用例 9 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記封止部が前記入口流路を閉塞している状態の場合、前記流体供給路からの流体供給圧力により前記隔壁が変位して前記圧力空間の容積が縮小され、前記圧力空間の内部圧力が前記流体室の内部圧力よりも上昇することにより、前記封止部が前記圧力空間と前記流体室との圧力差によって前記入口流路をさらに押圧することが望ましい。

【 0 0 2 5 】

容積可変手段を駆動していない初期状態では、圧力空間と流体室を含む他の流路の内部圧力は大気圧である。ここで、流体供給路から流体供給圧力が加えられると隔壁は圧力空間の容積を縮小する方向に変位される。圧力空間は密閉されているので容積が縮小されることで流体室よりも内部圧力が大きくなる。また、容積が縮小から初期状態に復帰するときの流体室の内部圧力は減少する。この圧力空間と流体室の圧力差によって封止部は入口流路側に押圧される。この圧力差を利用すれば、簡単なマイクロバルブ構造で入口流路の押圧力がさらに増し、上述したてこ、この圧力差を利用すれば、入口流路の閉塞をより一層確実に行うことができる。

【 0 0 2 6 】

[ 適用例 10 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記封止部の先端に円錐状の斜面部が設けられ、前記斜面部で前記入口流路を閉塞することが好ましい。

【 0 0 2 7 】

このように、斜面部により入口流路を閉塞する構造にすれば、封止部と入口流路との当接部は細いリング形状となり、封止部の開閉作動のストロークが小さくても開放時に流体の流体室流入をし易くし、また、閉塞時の単位面積当りの押圧力を高めることができる。

【 0 0 2 8 】

[ 適用例 11 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記入口流路の合成イナータンスが前記出口流路の合成イナータンスよりも大きいことが好ましい。

【 0 0 2 9 】

容積可変手段は、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される。この駆動波形出力時には入口流路は開放されている。ここで、入口流路の合成イナータンスを出口流路の合成イナータンスよりも大きくすることにより、脈動期間では、入口流路から流体室への流体の流入量よりも大きい脈動流が出口流路に発生し、パルス状の流体吐出を行うことができる。

【 0 0 3 0 】

また、入口流路の合成イナータンスと出口流路の合成イナータンスとを共に充分大きくすれば、逆流防止のための逆止弁を必要としない。

【 0 0 3 1 】

[ 適用例 12 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記アクチュエータに、ユニ

10

20

30

40

50

モルフ型またはバイモルフ型アクチュエータを用いていることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

アクチュエータとしてユニモルフ型アクチュエータを用いる場合は、簡単な構成でマイクロバルブを構成できるという効果がある。また、バイモルフ型アクチュエータを用いる場合は、入口流路をより高い押圧力で強制的に開閉するため、入口流路の開閉を確実に行うことができる。

【 0 0 3 3 】

[ 適用例 1 3 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記アクチュエータに、積層型圧電素子を用いていることが望ましい。

【 0 0 3 4 】

このように、アクチュエータとして積層型アクチュエータを用いる場合は、封止部の押圧力を大きくできるという利点がある。

【 0 0 3 5 】

[ 適用例 1 4 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記隔壁が、前記流体供給路を中心とする同心円の波型構造部を有することが好ましい。

【 0 0 3 6 】

平板状の隔壁構造では、流体供給圧力による変形が大きくなるにつれて変位領域の面内応力が大きくなり変位しにくくなる。ここで、隔壁に波型構造を採用することにより、変位が大きくなっても面内応力を抑制し、流体供給圧力による圧力空間の容積を縮小する方向への変位量を大きくとれ、流体供給圧力を変化させた場合でも、圧力空間の圧力がそれに応じた圧力となるため、入口流路の閉塞を確実に行うことが可能となる。

【 0 0 3 7 】

[ 適用例 1 5 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記入口流路を開放してから前記流体室の内部に流体が流入する速度が最大になるときに前記脈動波形を出力することが好ましい。

【 0 0 3 8 】

入口流路が開放された後、徐々に流体の流入速度は速くなり最大速度に達する。このとき脈動波形を出力することで、より大きい脈動流が出口流路に発生し、パルス状の流体吐出を行うことができる。

【 0 0 3 9 】

[ 適用例 1 6 ] 上記適用例に係る流体噴射装置において、前記流体室の容積が最小になったときから容積が復帰する間に前記入口流路を閉塞することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

駆動波形は、脈動波形と休止波形の組み合わせにより構成される。従って、容積可変手段を駆動しているときに、しかも、休止波形出力期間が脈動波形の周期よりも長い場合に、休止波形出力中に入口流路が開放されていると、流体が僅かではあるが流体室からノズル開口部に向かって漏洩することが考えられる。このような液体が存在すると、次に発生する脈動波形による液体吐出の際に、吐出された液滴が漏洩液滴に衝突して適切なパルス状の液滴が形成できない場合が予想される。しかし、上記タイミングで入口流路を閉塞することで、休止波形出力中の液体漏洩を抑制することができる。

【 0 0 4 1 】

[ 適用例 1 7 ] 本適用例に係る流体噴射装置の駆動方法は、流体室の容積をダイヤフラムにより縮小し、ノズル開口部から流体をパルス状に噴射する流体噴射装置の駆動方法であって、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される前記ダイヤフラムを含む容積可変手段の駆動期間に、前記流体室に流体を供給する入口流路を開閉手段により開放し、前記容積可変手段の停止期間に前記入口流路を前記開閉手段により閉塞することを特徴とする。

【 0 0 4 2 】

本適用例によれば、容積可変手段の駆動期間、つまり駆動波形の出力期間では入口流路を開放して流体室内に流体を供給しダイヤフラムにより流体室の容積を急激に縮小して流

10

20

30

40

50

体をパルス状に噴射させる。一方、容積可変手段を停止している期間では流体室と入口流路との間を開閉手段によって閉塞する。従って、入口流路とノズル開口部との間の流路を遮断することにより、停止期間中におけるノズル開口部からの流体流出による流体の滴下を防止することができる。

【 0 0 4 3 】

[ 適用例 1 8 ] 上記適用例に係る流体噴射装置の駆動方法は、前記入口流路を開放してから前記流体室の内部に流体が流入する速度が最大になるときに前記脈動波形を出力し、前記流体室の容積が最小になったときから容積が復帰する間に前記入口流路を閉塞することを特徴とする。

【 0 0 4 4 】

入口流路が開放された後、徐々に流体の流入速度は速くなり最大速度に達する。このとき脈動波形を出力することで、より大きい脈動流が出口流路に発生し、パルス状の流体吐出を行うことができる。

【 0 0 4 5 】

また、休止波形出力中に入口流路を閉塞することにより、休止波形出力中の液体漏洩を抑制し、脈動波形出力開始から適切なパルス状の液滴を噴射させることができる。

【 0 0 4 6 】

[ 適用例 1 9 ] 本適用例に係る手術装置は、流体室と、ダイヤフラムと、前記流体室に流体を供給する入口流路と、ノズル開口部を有し前記流体室から流体を吐出する出口流路と、切除硬度情報に基づき生成され、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される前記ダイヤフラムを含む容積可変手段と、前記容積可変手段の駆動期間に前記入口流路を開放し、停止期間に前記入口流路を閉塞する開閉手段と、が備えられ、前記流体室の容積を前記ダイヤフラムにより縮小し、前記ノズル開口部から流体をパルス状に噴射し、生体の切除または切開を行うことを特徴とする。

【 0 0 4 7 】

術部の切除硬度情報に基づき生成された最適駆動波形による高速なパルス状の流体噴射では、血管等の脈管構造を保存しながら臓器実質を切開することが可能であり、さらに、切開部以外の生体組織に与える付随的損傷が軽微であることから患者負担が小さい。

【 0 0 4 8 】

また、休止期間中では流体の漏洩がないことから術野の視界を妨げず、迅速な手術が可能であり、特に微小血管からの出血に難渋する肝切除等に好適である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 4 9 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

図 1 ~ 図 8 は実施形態 1 に係る流体噴射装置を示し、図 9 , 1 0 は実施形態 2 、図 1 1 ~ 図 1 3 は実施形態 3 、図 1 4 は実施形態 4 を示している。

なお、以下の説明で参照する図は、図示の便宜上、部材ないし部分の縦横の縮尺は実際のものとは異なる模式図である。

【 0 0 5 0 】

また、本発明による流体噴射装置は、インク等を用いた描画、細密な物体及び構造物の洗浄、手術用メス等様々に採用可能であるが、以下に説明する実施の形態では、生体組織を切開または切除することに適した手術装置（手術用メス）に好適な流体噴射装置を例示して説明する。従って、以下の実施形態にて用いる流体は、水または生理食塩水であり、以降、流体を液体として表し説明する。

（実施形態 1）

【 0 0 5 1 】

図 1、図 2 は、実施形態 1 に係る流体噴射装置の概略構成の一例を示す説明図である。図 1、図 2 において、流体噴射装置 1 は、基本構成として、液体を収容しその液体を供給する液体供給部としての液体容器 1 0 4 を含む制御部 1 0 0 と、液体を脈動に変化させ吐出する流体噴射部 1 0 と、制御部 1 0 0 と流体噴射部 1 0 とを連通する接続チューブ 1 5

10

20

30

40

50



と、を備えて構成されている。流体噴射部 10 には、細いパイプ状の接続流路管 70 が接続され、接続流路管 70 の先端部には流路が縮小されたノズル開口部 81 を有するノズル 80 が挿着されている。流体噴射部 10 は液体を脈動に変化させて、接続流路管 70、ノズル 80 を介してノズル開口部 81 から液滴としてパルス状に高速噴射させる。

#### 【0052】

制御部 100 には、術部の切除硬度情報に基づき最適な駆動パラメタを算出するための最適駆動パラメタ演算部 101 と、算出された最適駆動パラメタに基づき容積可変手段を駆動するためのダイアフラム駆動波形生成部 102 と、流体噴射部 10 に装着される開閉手段としてのマイクロバルブ 90 を駆動するための駆動波形を生成するための隔壁駆動波形生成部 103 とが備えられる。また、制御部 100 には、液体容器 104 から一定の供給圧力で流体噴射部 10 に液体を供給するポンプ等の圧力発生部 105 と、術部の硬度等の条件に対応して駆動波形を任意に調整する調整装置（図示せず）が備えられている。

10

#### 【0053】

流体噴射部 10 には、流体室 30（図 3、参照）の容積を縮小するための容積可変手段 11 と、流体室 30 内への液体流入を制御するために入口流路 25（図 3、参照）を開閉するためのマイクロバルブ 90 と、が備えられている。

#### 【0054】

容積可変手段 11 は、ダイアフラム 40 とダイアフラム 40 を駆動するアクチュエータとしての圧電素子 50 とを備え、マイクロバルブ 90 には隔壁体 92 と、隔壁体 92 を駆動するアクチュエータとしての圧電素子 55 とが含まれている。また、制御部 100 と流体噴射部 10 とは、接続チューブ 15 及び図示しない接続ケーブルにて接続されている。

20

#### 【0055】

続いて、この流体噴射装置 1 における液体の流動作用を簡単に説明する。液体容器 104 に収容された液体は、圧力発生部 105 により一定の圧力で接続チューブ 15 を介して流体噴射部 10 に供給される。流体噴射部 10 では、容積可変手段 11 により脈動を発生させて、接続流路管 70、ノズル 80 を通してノズル開口部 81 から液体を高速でパルス状に噴射する。

#### 【0056】

なお、圧力発生部 105 としてはポンプに限らず、液体容器 104 を輸液バッグとしてスタンド等によって流体噴射部 10 よりも高い位置に保持するようにしてもよい。このような場合には、圧力発生部 105 は不要となり、構成を簡素化することができる他、消毒等が容易になる利点がある。

30

#### 【0057】

圧力発生部 105 による液体供給圧力は概ね 3 気圧以下、望ましくは 0.3 気圧（0.03 MPa）以下に設定する。また、輸液バッグを用いる場合には、流体噴射部 10 と輸液バッグの液上面との高度差が圧力となる。輸液バッグを用いるときには 0.1 ~ 0.15 気圧（0.1 ~ 0.15 MPa）程度になるように高度差を設定することが望ましい。

#### 【0058】

なお、この流体噴射装置 1 を用いて手術をする際には、術者が把持する部位は流体噴射部 10 である。従って、流体噴射部 10 までの接続チューブ 15 はできるだけ柔軟であることが好ましい。そのためには、接続チューブ 15 は柔軟で薄いチューブとし、液体を流体噴射部 10 に送液可能な範囲で低圧にすることが好ましい。特に、脳手術のときのように、機器の故障が重大な事故を引き起こす恐れがある場合には、接続チューブ 15 の切断等において高圧な流体が噴出することは避けなければならない、このことから低圧にしておくことが要求される。

40

なお、流体噴射部 10 には、容積可変手段 11 を起動または停止するスイッチ等の外部操作部材（図示せず）を備えることがより好ましい。

#### 【0059】

次に、本実施形態に係る流体噴射部の構造について説明する。

図 3 は、本実施形態に係る流体噴射部の概略構造を示す断面図である。図 3 において、

50

流体噴射部 10 は、蓋体としての上ケース 20 と下ケース 60 とで形成される空間内に設けられる容積可変手段 11 と、上ケース 20 の外郭に取り付けられるマイクロバルブ 90 とから構成されている。

【0060】

容積可変手段 11 は、上ケース 20 と下ケース 60 の互いに対向する端部に固着されるダイアフラム 40 と、ダイアフラム 40 と上ケース 20 との間に形成される流体室 30 の容積を可変する圧電素子 50 とから構成される。本実施形態では、圧電素子 50 は積層型圧電素子を用いている。ダイアフラム 40 と圧電素子 50 との間には上板 61 が介在されている。また、圧電素子 50 の尾部は下板 62 に固着され、下板 62 は下ケース 60 の端部に圧入固定されている。

10

【0061】

上ケース 20 には、流体室 30 の略中央部に出口流路 21 と、出口流路 21 とは離間した位置に入口流路 25 と、液体供給路 26 とが開設されている。出口流路 21 は、一方の端部が流体室 30 に連通され、他方の端部が接続流路管 70 の出口接続流路 71 に連通されている。接続流路管 70 の先端部にはノズル開口部 81 を有するノズル 80 が挿着されている。ここで、ノズル開口部 81 の液体流動方向に垂直な断面積は、出口流路 21 の断面積よりも縮小されている。

【0062】

出口流路 21 及びノズル 80 の出口接続流路 71 側は、それぞれ斜面 23 及び斜面 82 とが形成されており、出口接続流路 71 との間の流路抵抗を減じている。

20

なお、接続流路管 70 は剛性を有する薄肉のパイプであって、上ケース 20 に突設された接続部 22 に圧入固定されている。

【0063】

入口流路 25 は、一方の端部が流体室 30 に連通し、他方の端部がマイクロバルブ 90 の接続流路室 94 に連通されている。また、液体供給路 26 の一方の端部が接続流路室 94 に連通され、他方の端部は上ケース 20 を貫通して接続チューブ 15 に連通されている。接続チューブ 15 は上ケース 20 に突設された接続部 27 に嵌着されると共に、上ケース 20 に対して接続流路管 70 とは反対方向に延在され液体容器 104 に接続される。

【0064】

マイクロバルブ 90 は図示を簡略化して表しているが、隔壁体 92 によって接続流路室 94 と密閉された圧力空間 95 とに分割され、隔壁体 92 には入口流路 25 を開閉する封止部 93 が形成されている。なお、図 3 では、入口流路 25 を開放した状態を表している。

30

【0065】

続いて、流体噴射部 10 の動作について図 3 を参照して説明する。

圧力発生部 105 によって液体供給路 26 には常に一定圧力の供給圧力で液体が供給される。供給された液体は、液体供給路 26、接続流路室 94、入口流路 25 を流動して流体室 30 に流入する。液体の流体室 30 への流入は、圧電素子 50 が動作しない場合、圧力発生部 105 の供給圧力と入口流路側全体の流体抵抗の差によって行われる。

【0066】

40

ここで、圧電素子 50 に脈動波形が入力され、急激に圧電素子 50 が伸張したとすると、入口流路 25 側全体の合成イナータンス  $L_1$  と出口流路 21 側の合成イナータンス  $L_2$  とが十分な大きさを有していれば、流体室 30 内の圧力は急速に上昇して数十気圧に達する。

【0067】

この圧力は、入口流路 25 に加えられていた圧力発生部 105 による供給圧力よりはるかに大きいため、入口流路 25 から流体室 30 への液体の流入はその圧力によって減少し、出口流路 21 からの流出は増加する。

【0068】

しかし、入口流路 25 側の合成イナータンス  $L_1$  は、出口流路 21 側の合成イナータンス

50

ス L 2 よりも大きいため、入口流路 2 5 から液体が流体室 3 0 へ流入する流量の減少量よりも、出口流路 2 1 から吐出される液体の増加量のほうが大きい。従って、出口接続流路 7 1 にパルス状の液体吐出、つまり、脈動流が発生する。この吐出の際の圧力変動が、接続流路管 7 0 内を伝播して、液体が先端のノズル開口部 8 1 から噴射される。

ここで、ノズル開口部 8 1 の断面積（直径）は、出口流路 2 1 の断面積（直径）よりも縮小されているので、液体は、さらに高圧、高速のパルス状の液滴として噴射される。

#### 【 0 0 6 9 】

一方、流体室 3 0 内は、入口流路 2 5 からの液体流入量の減少と出口流路 2 1 からの液体流出量の増加との相互作用で、圧力上昇直後に圧力低下あるいは真空状態となる。その結果、圧力発生部 1 0 5 の供給圧力と、流体室 3 0 内の圧力の双方によって、入口流路 2 5 の液体は一定時間経過後に、圧電素子 5 0 の動作前と同様な速度で流体室 3 0 内に向かう流れに復帰する。そして、入口流路 2 5 内の液体の流動が復帰した後、圧電素子 5 0 の伸張があれば、ノズル開口部 8 1 からのパルス状の液滴を継続して噴射する。

#### 【 0 0 7 0 】

なお、入口流路 2 5 と液体供給路 2 6 との間にはマイクロバルブ 9 0 が設けられており、容積可変手段 1 1 を駆動する期間には入口流路 2 5 を開放し、容積可変手段 1 1 を停止している期間には入口流路 2 5 を閉塞して、流体室 3 0 への液体流入を遮断する。

#### 【 0 0 7 1 】

続いて、本実施形態に係る開閉手段としてのマイクロバルブの構成及び作動について図面を参照して説明する。まず、マイクロバルブの構成について説明する。

図 4 はマイクロバルブの構成の 1 例を示す断面図、図 5 は隔壁体を示し、( a ) は平面図、( b ) は ( a ) の A - A 切断面を示す断面図である。図 4 , 5 において、マイクロバルブ 9 0 は、上基板 9 7 と、下基板 9 1 と、上基板 9 7 と下基板 9 1 の間に挟着される隔壁体 9 2 と、隔壁体 9 2 に固着されるユニモルフ型アクチュエータとしての圧電素子 5 5 とから構成されている。

#### 【 0 0 7 2 】

隔壁体 9 2 は、ダイアフラム状の隔壁 9 2 a と、隔壁 9 2 a の周縁部全周にわたって形成される縁部 9 2 b とを有し、上基板 9 7 と下基板 9 1 とを積層した状態で接続流路室 9 4 と、圧力空間 9 5 とに分割している。接続流路室 9 4 は、下基板 9 1 に開設され入口流路 2 5 と連通する開口部と、液体供給路 2 6 と連通する開口部を有している。本実施形態では、それぞれの開口部を含んで入口流路 2 5 、出口流路 2 1 として説明する。

一方、圧力空間 9 5 は、縁部 9 2 b と上基板 9 7 とで密閉された空間であって、組み立てられた初期状態の内部圧力は大気圧である。また、接続流路室 9 4 の内部圧力も外部と連通しているので大気圧である。

#### 【 0 0 7 3 】

隔壁 9 2 a には、入口流路 2 5 に対向する位置に、入口流路 2 5 に向かって突設される封止部 9 3 が形成されており、封止部 9 3 の先端は円錐形状であって、斜面部 9 3 a が形成されている。図 4 は入口流路 2 5 を封止部 9 3 で閉塞した状態を表し、斜面部 9 3 a と入口流路 2 5 との当接部は細いリング形状となり、閉塞時の単位面積当りの押圧力を高め、封止性を高めている。

#### 【 0 0 7 4 】

また、隔壁 9 2 a には、入口流路 2 5 と液体供給路 2 6 との中間位置に突起部 9 2 d が形成され、突起部 9 2 d は上基板 9 7 の内面に当接されている。隔壁 9 2 a には、図 5 に示すように液体供給路 2 6 を中心とする同心円の波型構造部 9 2 e が形成されている。また、封止部 9 3 が突設される隔壁 9 2 a の反対の面には圧電素子 5 5 が固着されている。

#### 【 0 0 7 5 】

続いて、マイクロバルブ 9 0 の作動について図面を参照して説明する。上述した図 4 に表す状態は、流体噴射部 1 0 をマイクロバルブ 9 0 を含めて組み立てた初期状態を表している。この状態は、圧電素子 5 0 に駆動信号が入力されていない状態であって、隔壁 9 2 a は変位しておらず、封止部 9 3 が入口流路 2 5 を閉塞するように寸法が設定されている

。この状態において圧力発生部 105 から一定の供給圧力で液体を液体供給路 26 に供給する。

【0076】

図 6 は、流体噴射部（容積可変手段）を駆動していないときに液体供給路 26 に液体を供給した状態を表す断面図である。図 6 において、液体供給路 26 から液体を供給すると、隔壁 92a は突起部 92d を備えていることから、液体供給路 26 から供給される液体の圧力と流速によって、図 6 に示すように液体供給路 26 近傍が圧力空間 95 の方向に押圧され、突起部 92d を支点、液体供給路 26 の中心近傍を力点、封止部 93 を作用点とするてこで封止部 93 を入口流路 25 の開口縁にさらに押圧する。

【0077】

また、容積可変手段 11 を駆動していない初期状態では、圧力空間 95 と流体室 30 を含む他の流路の内部圧力は大気圧である。ここで、液体供給路 26 から供給圧力が加えられると隔壁 92a は圧力空間 95 の容積を縮小する方向に変形される。圧力空間 95 は密閉されているので容積が縮小されることで接続流路室 94 に近い圧力となる。従って、圧力空間 95 の内部圧力と流体室 30 の内部圧力との圧力差分の力で封止部 93 を入口流路 25 側に押圧すれば良い。さらにこの圧力差と、上述したてこ、を利用すれば、封止部 93 に加えられる押圧力をより一層高めることが可能である。

【0078】

次に、流体噴射部 10（容積可変手段 11）を駆動しているときのマイクロバルブ 90 の作動について図面を参照して説明する。

図 7 は、容積可変手段を駆動しているときの状態を表す断面図である。図 7 において、容積可変手段 11 を起動するときには、隔壁駆動波形生成部 103（図 2、参照）から駆動信号が圧電素子 55 に入力される。この際、圧電素子 55 には電荷が充電され伸張する。圧電素子 55 の伸張に伴い隔壁 92a の入口流路 25 に対向する部分（縁部 92b と突起部 92d との間の領域）が図 7 に示すように凸に変位する。すると、封止部 93 が圧力空間 95 側に移動し入口流路 25 を開放し、液体供給路 26 から流体室 30 までの流路が連通する。このようにして、液体容器 104 から流体室 30 に液体が供給される。

【0079】

容積可変手段の駆動を停止した場合には、図 6 に示す状態となる。つまり、圧電素子 55 への脈動波形の印加が無くなり、圧電素子 55 は伸張状態から開放されるため隔壁 92a の変位も解除されて封止部 93 が入口流路 25 を封止する。

【0080】

この際、液体供給路 26 からの液体供給圧力が継続することから、隔壁 92a の液体供給路 26 近傍は圧力空間 95 側に凸状態が継続され、封止部 93 の押圧力を高めている。

【0081】

また、液体供給路 26 からの液体供給を止める（流体噴射装置の停止）と、隔壁体 92 は、図 4 に示す初期状態に復帰する。

【0082】

なお、容積可変手段 11 を駆動しているときには、流体室 30 に必要なタイミングで必要な液体量を流入し、容積可変手段 11 を停止しているときには液体の外部への流出を防止するためには、容積可変手段 11 を起動するとき、及び停止するときにおける駆動波形とマイクロバルブ 90 による入口流路 25 の開閉タイミングを適切に設定することが要求される。

【0083】

図 8 は、流体噴射装置の駆動方法について示し、容積可変手段の駆動と駆動波形、マイクロバルブの開閉タイミングの関係を模式的に表すタイミング図である。図 4、図 6、7 も参照して説明する。図 8 において、上段に表す図は流体噴射部 10 を駆動する駆動時間 T、中段は駆動波形、下段はマイクロバルブ 90 の開放及び閉塞のタイミングを表している。まず、流体噴射部 10（つまり、容積可変手段 11）を起動する。流体噴射部 10 の起動（ON）及び停止（OFF）は使用者がスイッチ等の外部操作部材（図示せず）を操

10

20

30

40

50

作して行う。

【0084】

そして、容積可変手段11の起動から遅延時間 $T_0$ を有して駆動波形が出力される。駆動波形は脈動波形と休止波形の組み合わせで構成されており、図8に表す駆動波形はその1例を表し、脈動波形1パルス(周期 $T_1$ )と、複数パルス分の休止パルス出力時間 $I$ を有する休止波形と、が容積可変手段11の駆動時間 $T$ の期間において複数サイクル出力される。これら脈動波形と休止波形は、切除硬度データに基づき最適駆動パラメタ演算部101(図2、参照)によって設定される。

【0085】

遅延時間 $T_0$ は、入口流路25から流体室30の内部に液体が流入する速度が最大になるまでの時間とし、概ね脈動波形の周期 $T_1$ に相当する時間である。

10

【0086】

マイクロバルブ90は、容積可変手段11が起動するまで入口流路25を閉塞しており、容積可変手段11の起動と同じタイミングで開放され、流体室30に液体が流入される。そして、脈動波形により急激に流体室30の容積を縮小し、ノズル開口部81(図3、参照)からパルス状に液滴を噴射する。

【0087】

また、マイクロバルブ90は、容積可変手段11を停止(OFF)したタイミングで入口流路25を閉塞する。容積可変手段11の駆動時間 $T$ は、予め駆動プロファイルにて設定しておいてもよいが、使用者が任意のタイミングでOFF操作を行ってもよい。

20

【0088】

従って、本実施形態によれば、容積可変手段11の駆動期間はマイクロバルブ90にて入口流路25を開放して流体室30内に液体を供給し、流体室30の容積を急激に縮小して液体をパルス状に噴射させる。一方、容積可変手段11を停止している期間では流体室30と入口流路25との間をマイクロバルブ90によって閉塞する。つまり、入口流路25とノズル開口部81との間の流路を遮断することにより、停止期間中におけるノズル開口部81から液体が滴下することを防止することができる。

【0089】

また、入口流路25を開放及び閉塞する開閉装置としてマイクロバルブ90を用いて、圧電素子55により隔壁92aを変位することで、入口流路25の開放と閉塞のタイミングを容積可変手段11の駆動及び停止のタイミングに合わせることが容易に行えるという効果がある。

30

【0090】

また、隔壁92aが変位しない初期状態で入口流路25を閉塞し、隔壁92aが変位した状態で入口流路25を開放する構成により、容積可変手段11を駆動している期間のみ圧電素子55に駆動信号を入力して隔壁92aを変位すればよいので、消費電力を低減することができる。

【0091】

また、駆動波形の出力タイミングを容積可変手段11の起動から少なくとも流体室30の内部に液体が流入する速度が最大になるまでの遅延時間 $T_0$ を有して設定している。液体が流体室30内に流入する速度は、入口流路25を開放してから徐々に増加し、流体室30を充填する直前で最大となる。遅延時間 $T_0$ を設けることにより、駆動波形立ち上がり時には液体を流体室30に充填させ、その後脈動波形を出力することで、容積可変手段11の起動直後から液体を噴射させることができる。

40

【0092】

また、マイクロバルブ90の隔壁体92は、入口流路25と液体供給路26との間の圧力空間95側に突起部92dを設けている。入口流路25を閉塞しているとき、液体供給路26から供給される液体供給圧力によって隔壁92aの液体供給路26近傍が圧力空間95の方向に押圧され、突起部92dを支点、液体供給路26近傍を力点、封止部93を作用点とするてこで封止部を押圧する。このようにすれば、てこにより封止部93を入口

50

流路 2 5 に押圧力を加えることから、より確実に入口流路 2 5 を閉塞することができる。

【 0 0 9 3 】

また、容積可変手段 1 1 を駆動していない初期状態では、圧力空間 9 5 と流体室 3 0 を含む他の流路の内部圧力は大気圧である。ここで、液体供給路 2 6 から供給圧力が加えられると隔壁 9 2 a は圧力空間 9 5 の容積を縮小する方向に変形される。圧力空間 9 5 は密閉されているので容積が縮小されることで接続流路室 9 4 に近い圧力となる。従って、圧力空間 9 5 の内部圧力と流体室 3 0 の内部圧力との圧力差分の力で封止部 9 3 を入口流路 2 5 側に押圧すれば良い。さらにこの圧力差と、上述したてこと、を利用すれば、封止部 9 3 に加えられる押圧力をより一層高めることが可能である。

【 0 0 9 4 】

また、封止部 9 3 の先端に円錐状の斜面部 9 3 a を設け、この斜面部 9 3 a で入口流路 2 5 を閉塞する構造にすることにより、封止部 9 3 と入口流路 2 5 との当接部は細いリング形状となり、封止部 9 3 の開閉作動のストロークが小さくても開放時に液体の流体室 3 0 流入をし易くし、また、閉塞時の単位面積当りの押圧力を高めることができる。

【 0 0 9 5 】

容積可変手段 1 1 は、脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される駆動波形により駆動される。この駆動波形入力時では入口流路は開放されている。ここで、入口流路 2 5 の合成イナータンス L 1 を出口流路 2 1 の合成イナータンス L 2 よりも大きくすることにより、脈動期間では、入口流路 2 5 から流体室 3 0 への流体の流入量よりも大きい脈動流が出口流路 2 1 に発生し、パルス状の流体吐出を行うことができる。

【 0 0 9 6 】

また、入口流路 2 5 の合成イナータンス L 1 と出口流路 2 1 の合成イナータンス L 2 とを共に充分大きくすれば、逆流防止のための逆止弁を必要としない。

【 0 0 9 7 】

また、本実施形態では隔壁 9 2 a を変位させるユニモルフ型アクチュエータとして圧電素子 5 5 を用いている。圧電素子 5 5 は薄膜で形成することができることから、マイクロバルブ 9 0 をより薄型化及び小型化することができる。

【 0 0 9 8 】

また、マイクロバルブ 9 0 を構成する隔壁 9 2 a が、液体供給路 2 6 を中心とする同心円の波型構造部 9 2 e を有している。平板状の隔壁構造では、流体供給圧力による変位初期では剛性が小さくても、面外変形が大きくなるにつれて変位領域の面内応力が発生して剛性が高まり変位しにくくなる。ここで、隔壁 9 2 a に波型構造部 9 2 e を形成することにより、面外変形が大きくなっても面内応力を抑制し、液体供給圧力による圧力空間 9 5 側への変位量を大きくとれ、圧力空間 9 5 内部の圧力を高めることができ、流体室 3 0 との圧力差を大きくすることができる。

なお、隔壁 9 2 a には、封止部 9 3 を中心とする同心円の波型構造部を形成してもよい。

( 実施形態 2 )

【 0 0 9 9 】

続いて、実施形態 2 に係る流体噴射部の構成について図面を参照して説明する。実施形態 2 は、隔壁を初期状態から一方に変位させた状態で入口流路を閉塞し、他方に変位させた状態で入口流路を開放することを特徴とする。基本構成は実施形態 1 と同じにすることができるので構成の説明は省略し、マイクロバルブの作動について実施形態 1 と同じ符号を附して説明する。

図 9 , 1 0 は、実施形態 2 に係る流体噴射部の概略構造の一部を示す断面図である。まず、図 9 を参照して入口流路を閉塞している状態を説明する。

【 0 1 0 0 】

図 9 は、入口流路を閉塞した状態を示している。なお、流体噴射部 1 0 をマイクロバルブ 9 0 を含めて組み立てた初期状態は図 1 0 に示された入口流路 2 5 を開放した状態である。ここで、隔壁駆動波形生成部 1 0 3 ( 図 2 、 参照 ) から駆動信号が圧電素子 5 5 に入

10

20

30

40

50

力されると、圧電素子 5 5 には電荷が充電され伸張する。圧電素子 5 5 の伸張に伴い隔壁 9 2 a の入口流路 2 5 に対向する部分が図 9 に示すように凸に変位することから入口流路 2 5 は閉塞される。つまり、容積可変手段 1 1 を駆動しない期間では、圧電素子 5 5 が充電された状態を維持することで入口流路 2 5 の閉塞を継続する。圧電素子 5 5 に充電された電荷を放電すると圧電素子 5 5 の伸張が開放され初期形状に復帰する。

【0101】

図 10 は、入口流路を開放した状態を示している。圧電素子 5 5 に充電された電荷を放電すると、図 10 に示すように圧電素子 5 5 は伸張から開放され組み立て初期状態に復帰し、入口流路 2 5 を開放する。つまり、容積可変手段 1 1 を駆動している期間はこの状態が維持される。

10

【0102】

なお、容積可変手段 1 1 の起動及び停止と、駆動波形の出力と、マイクロバルブ 9 0 の開閉タイミングは、実施形態 1 (図 8、参照)と同様に設定される。

【0103】

また、本実施形態では、前述した実施形態 1 と同様に圧力空間 9 5 と流体室 3 0 との圧力差を利用すること、及び突起部 9 2 d を支点とすることにより、封止部 9 3 に押圧力を加えて入口流路 2 5 をより強く閉塞することが可能である。

【0104】

従って、圧電素子 5 5 に駆動信号を入力して隔壁 9 2 a を変位させた状態で入口流路 2 5 を閉塞するので、閉塞に必要な押圧力を安定して得ることができ、入口流路 2 5 をより確実に閉塞することができる。

20

(実施形態 1 及び実施形態 2 の変形例)

【0105】

また、実施形態 1, 2 がユニモルフ型アクチュエータとして薄膜型の圧電素子 5 5 を用いていることに対して積層型アクチュエータ (例えば積層型圧電素子) を用いることができる。図示は省略するが、図 4 を参照して説明する。圧電素子 5 5 と同じ位置に積層型圧電素子の一方の端部を隔壁 9 2 a に固着し、他方の端部を上基板 9 7 に固着する。

【0106】

ここで、積層型圧電素子に電荷を充電すると、積層型圧電素子は伸張して隔壁 9 2 a を変位させて封止部 9 3 により入口流路 2 5 を閉塞し、電荷を放電させると元の形状に復帰するという実施形態 1 または実施形態 2 と同様な作動を行う。

30

【0107】

このように、アクチュエータとして積層型アクチュエータを用いる構成では、封止部 9 3 の押圧力を大きくできるという利点がある。

(実施形態 3)

【0108】

続いて、実施形態 3 に係る流体噴射装置について図面を参照して説明する。実施形態 3 は、マイクロバルブを構成するアクチュエータとしてバイモルフ型アクチュエータを用いていることに特徴を有し、他の構成は実施形態 1 と同じであるため説明を省略し、同じ機能要素には同じ符号を附して説明する。

40

図 11 ~ 図 13 は実施形態 3 に係る流体噴射部を示し、図 11 は初期状態、図 12 は入口流路を閉塞する状態、図 13 は入口流路を開放した状態を示す部分断面図である。

【0109】

まず、初期状態を図 11 を参照して説明する。マイクロバルブ 9 0 を構成する隔壁 9 2 a にはバイモルフ型アクチュエータ 1 5 5 が固着されている。バイモルフ型アクチュエータ 1 5 5 は、基板 5 7 の一方の表面に第 1 圧電素子 5 6、他方の表面に第 2 圧電素子 5 8、を互いに積層して構成されている。第 1 圧電素子 5 6 及び第 2 圧電素子 5 8 は、互いに分極方向を逆方向とし、表裏両面には電極が形成されている。

【0110】

初期状態では、バイモルフ型アクチュエータ 1 5 5 には電荷が加えられていないため、

50

隔壁 9 2 a が変位しない中立位置にある。従って、液体供給路 2 6 と接続流路室 9 4 と入口流路 2 5 と流体室 3 0 (図示を省略)とは連通した状態である。ここで、容積可変手段 1 1 (図 3、参照)を起動すると同時にマイクロバルブ 9 0 を駆動する。

【0 1 1 1】

バイモルフ型アクチュエータ 1 5 5 に駆動信号を入力すると、第 1 圧電素子 5 6 及び第 2 圧電素子 5 8 は互いに分極方向を逆にしているため、第 1 圧電素子 5 6 が伸張したとき第 2 圧電素子 5 8 は収縮する。従って、図 1 2 に示すように、隔壁 9 2 a は入口流路 2 5 側に凸となるように変位し、封止部 9 3 が入口流路 2 5 を閉塞し液体の流動を遮断する。

【0 1 1 2】

入口流路 2 5 を開放するときには、バイモルフ型アクチュエータ 1 5 5 に閉塞するときとは逆位相の駆動信号を入力する。すると、第 1 圧電素子 5 6 が縮小し第 2 圧電素子 5 8 が伸張することによって、図 1 3 に示すように隔壁 9 2 a は圧力空間 9 5 側に凸となるように変位し、封止部 9 3 が入口流路 2 5 を開放し液体を流動させる。

【0 1 1 3】

従って、開閉手段としてのマイクロバルブ 9 0 にバイモルフ型アクチュエータ 1 5 5 を用いて隔壁 9 2 a を入口流路 2 5 側に変位させて入口流路 2 5 の閉塞し、圧力空間 9 5 側に変位させて入口流路 2 5 を開放することから、入口流路 2 5 の開閉を所定の正確なタイミングで行うことができる。

【0 1 1 4】

また、入口流路 2 5 の閉塞から開放までの封止部 9 3 のストロークを大きく設定できるので、入口流路 2 5 の開放面積が広くなり液体の流動抵抗が小さくなることから、流体室 3 0 への液体流入量を確保しやすくできるという効果がある。

(実施形態 4)

【0 1 1 5】

続いて、実施形態 4 に係る流体噴射装置について図面を参照して説明する。実施形態 4 は、駆動波形出力期間において、脈動波形の出力と入口流路の開閉タイミングに特徴を有する。なお、前述した実施形態 1 ~ 実施形態 3 の構成が適用できるので、構成の説明は省略する。

図 1 4 は、実施形態 4 に係る駆動波形とマイクロバルブの開閉タイミングの関係を模式的に表すタイミング図である。前述したように、駆動波形は脈動波形と休止波形の組み合わせで構成される。ここで、図 1 4 に表す駆動波形はその 1 例を表しており、脈動波形 1 パルス(周期  $T_1$ )と、複数パルス分の休止パルス出力時間  $I$  を有する休止波形と、が複数サイクル出力される。これら脈動波形と休止波形は、切除硬度データに基づき最適駆動パラメタ演算部 1 0 1 (図 2、参照)によって設定される。

【0 1 1 6】

脈動波形は、マイクロバルブ 9 0 が入口流路 2 5 を閉塞している状態から開放したときから時間  $t$  を経過してから出力される。時間  $t$  は、概ね入口流路 2 5 を開放(図中 a で示す)してから流体室 3 0 の内部に液体が流入する速度が最大になるときまでの時間とし、最大で周期  $T_1$  に相当する時間である。脈動波形を出力し、容積可変手段 1 1 により流体室 3 0 の容積を急激に縮小する。この際、ダイアフラム 4 0 の変位は、図 1 4 に示すように脈動波形に対して僅かに遅延する。

【0 1 1 7】

マイクロバルブ 9 0 は、流体室 3 0 の容積が最小になったとき(図中、b で示し、ダイアフラム 4 0 の変位量が最大になったとき)から容積が初期状態に復帰する間に入口流路 2 5 を閉塞する。そして、次の脈動波形の立ち上がりよりも時間  $t$  だけ前(図中、c で示す)に閉塞状態から開放に移行する。

【0 1 1 8】

なお、脈動波形が複数パルスで構成されるときには、休止波形出力直前の脈動波形により、流体室 3 0 の容積が最小になったときから容積が初期状態に復帰する間に入口流路 2 5 を閉塞する。また、脈動波形が連続した複数パルスで構成される場合、休止パルス出力

10

20

30

40

50



時間  $I$  は  $nT_1$  ( $n$  は 2 以上の整数) とすることが望ましい。

【0119】

駆動波形は、脈動波形と休止波形の組み合わせにより構成される。従って、容積可変手段 11 を駆動しているときに、しかも、休止波形が脈動波形の周期  $T_1$  よりも長い場合に、休止波形出力中に入口流路 25 が開放されていると流体が僅かではあるが流体室 30 からノズル開口部 81 に向かって漏洩することが考えられる。このような液体が存在すると、次に発生する脈動波形による液体吐出の際に、吐出された液滴が漏洩液滴に衝突して適切なパルス状の液滴が形成できない場合が予想される。しかし、上記タイミングで入口流路 25 を閉塞することで、休止波形出力中の液体漏洩を抑制することができる。

【0120】

上述した流体噴射装置 1 を用いた手術装置は、切除硬度情報に基づき生成された駆動波形により駆動される。このような手術装置は、高速なパルス状の流体噴射より、血管等の脈管構造を保存しながら臓器実質を切開することが可能であり、さらに、切開部以外の生体組織に与える付随的損傷が軽微であることから患者負担が小さい。

【0121】

また、容積可変手段 11 の休止期間中では流体の漏洩がないことから術野の視界を妨げず、迅速な手術が可能であり、特に微小血管からの出血に難渋する肝切除等に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0122】

【図 1】実施形態 1 に係る流体噴射装置の概略構成の一例を示す説明図。

【図 2】実施形態 1 に係る流体噴射装置の概略構成の一例を示す説明図。

【図 3】実施形態 1 に係る流体噴射部の概略構造を示す断面図。

【図 4】実施形態 1 に係るマイクロバルブの構成の 1 例を示す断面図。

【図 5】実施形態 1 に係るマイクロバルブの隔壁体を示し、(a) は平面図、(b) は (a) の A - A 切断面を示す断面図。

【図 6】容積可変手段を駆動していないときに液体供給路に液体を供給した状態を表す断面図。

【図 7】容積可変手段を駆動しているときの状態を表す断面図。

【図 8】流体噴射部の駆動と駆動波形、マイクロバルブの開閉タイミングの関係を模式的に表すタイミング図。

【図 9】実施形態 2 に係る流体噴射部の概略構造の一部を示す断面図 (入口流路を閉塞した状態)。

【図 10】実施形態 2 に係る流体噴射部の概略構造の一部を示す断面図 (入口流路を開放した状態)。

【図 11】実施形態 3 に係る流体噴射部を示す断面図 (初期状態)。

【図 12】実施形態 3 に係る流体噴射部を示す断面図 (入口流路を閉塞する状態)。

【図 13】実施形態 3 に係る流体噴射部を示す断面図 (入口流路を開放した状態)。

【図 14】実施形態 4 に係る駆動波形とマイクロバルブの開閉タイミングの関係を模式的に表すタイミング図。

【符号の説明】

【0123】

1 ... 流体噴射装置、10 ... 流体噴射部、21 ... 出口流路、25 ... 入口流路、26 ... 液体供給路、30 ... 流体室、40 ... ダイアフラム、81 ... ノズル開口部、90 ... マイクロバルブ。

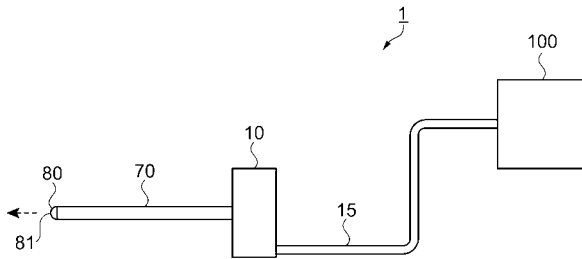
10

20

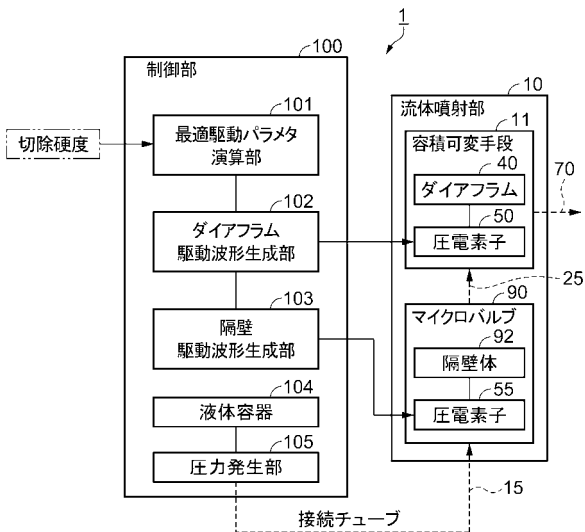
30

40

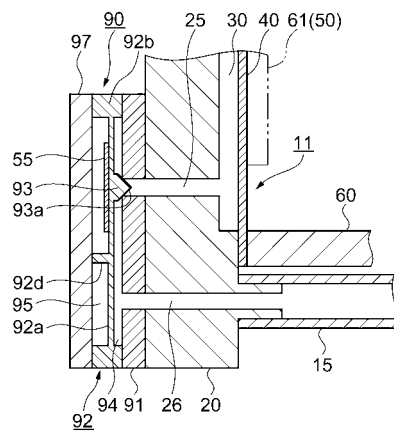
【図 1】



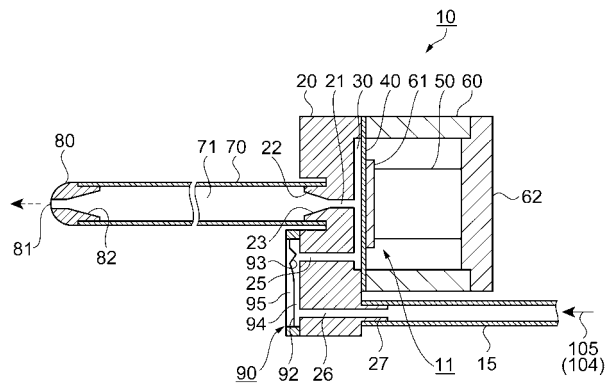
【図 2】



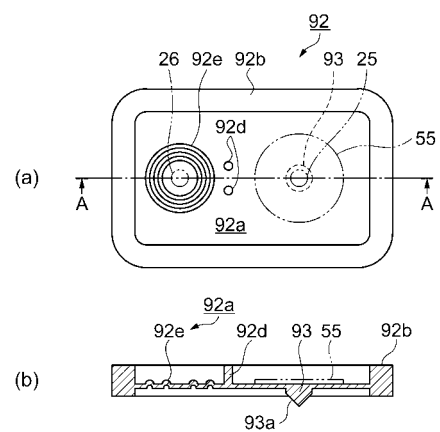
【図 4】



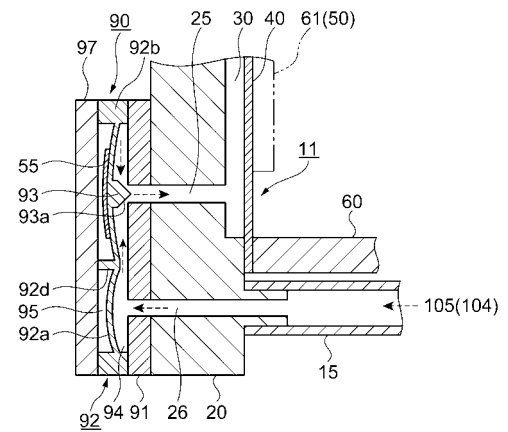
【図 3】



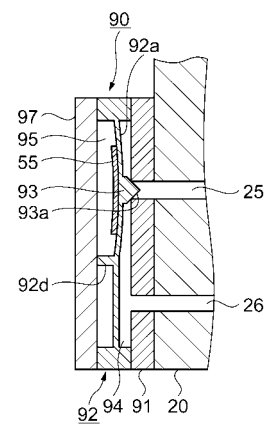
【図 5】



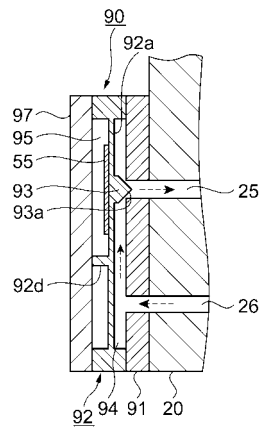
【 図 7 】



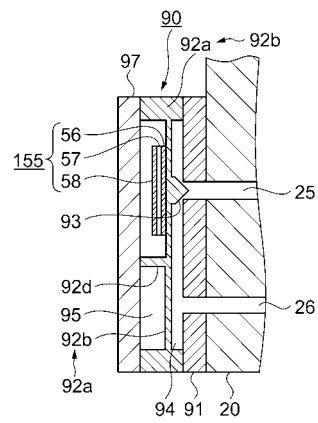
【 図 9 】



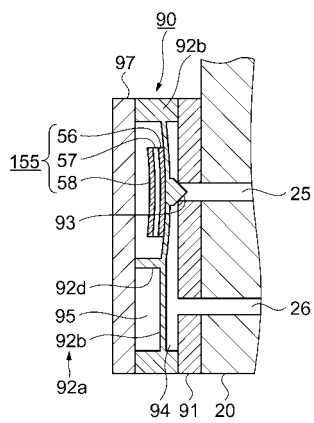
【図 10】



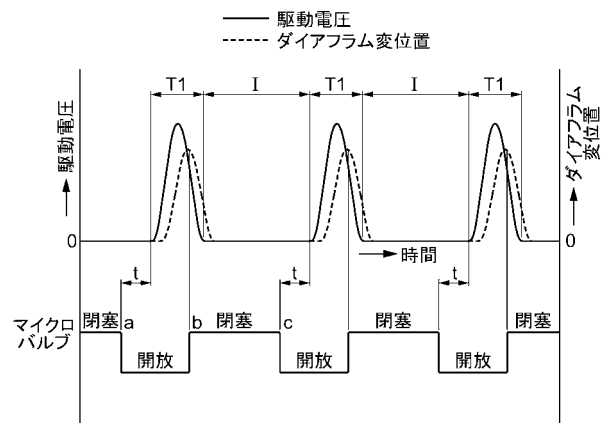
【図 11】



【図 12】



【図 14】



【図 13】

