

氏 名	木 寺 真
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	生工博甲第111号
学 位 授 与 の 日 付	平成21年3月25日
学 位 授 与 の 条 件	学位規則第4条第1項該当
学 位 論 文 题 目	Y字型バルブレスマイクロポンプに関する研究
論 文 審 査 委 員	主 査 教 授 早瀬修二 ノ 西尾一政 ノ 花本剛士 ノ 尾川博昭 ノ 岡元孝二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、微細加工技術の進展に伴い、様々なマイクロデバイスが製作されるようになってきた。様々なマイクロ流体要素の中でも流体の輸送と制御を担うマイクロポンプの開発は非常に重要である。従来のマイクロポンプには吸込および吐出し口に機械的なバルブを有するものが多い。しかし、微小領域における面積力は体積力よりも相対的に大きくなるため、バルブのような機械的作動部に発生する摩擦力(面積力)は、ポンプの故障や動作不良の原因となる。そこで、本研究では、機械的なバルブを排除することで機器の安定動作と長寿命化を実現するバルブレスマイクロポンプを提案し、作製した供試ポンプに対して、性能実験、流れの可視化実験、数値解析を実施し、送液メカニズムの解明を行っている。

本論文は、5章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、既往の研究、研究の目的と意義について述べている。

第2章は「バルブレスマイクロポンプの特性」と題し、独自開発のY字型マイクロポンプの特性実験結果が示されている。供試マイクロポンプは、幅500μm、深さ500μmのマイクロチャンネルに角度15～60度で分岐管を接続した非対称形状流路で構成され、分岐管の一端のダイヤフラム部には駆動源として圧電素子が貼付されている。蒸留水を作動流体とし、ダイヤフラムの変動動周波数0～80Hzの範囲で周波数特性実験が行われ、約30Hzで最大流量が得られた。最大流量が得られる駆動周波数で、流量-全揚程特性が測定された。また、マイクロポンプの流量の測定方法に関して、高速度ビデオカメラを使用した場合と重量法によるものを比較検討し、最適な流量測定法についても検討している。さらに、流路形状やアスペクト比の影響についても述べられている。

第3章「バルブレスマイクロポンプの内部流れ」では、PIVシステムを用いたマイクロポンプ内部流れ場の可視化によってポンプ内部の現象解明をしている。流れの可視化の結果、作動流体の吐出し時には主チャンネル吸込み側に渦が発生し、吸込み時にはダイヤフラム側に渦が発生することが確認された。吐出し時に発生する渦は、主チャンネルの幅とほぼ同程度の大きさで、これによって吸込側への流れが抑制され、吐出し側に多くの流体が流れるダイナミックバルブの作用をしていることが明らかとなった。また、周波数を変化させても基本的な流れの様子は変わらないと述べられている。さらに、汎用熱流体解析コードを用いた数値計算においても、可視化実験結果と同様に、吸込時および吐出し時に渦の発生が確認されている。可視化実験と数値計算の結果を比較し、同じタイミングで同じ大きさの渦が発生しており、この渦こそが供試ポンプの送液メカニズムに大きく影響を与えていていることを明らかにしている。

第4章「バルブレスマイクロポンプの寸法効果」では、ポンプ駆動が可能な限界寸法について検討するため、微細加工によってポンプを製作し、寸法効果によるポンプ性能の影響を調べている。その結果、流路幅250μmのポンプの駆動を確認し、ポンプを小型化すると、流量、全揚程ともに低くなり、流路を形成している材質がポンプ性能に大きく影響することを明らかにしている。

第5章は結論であり、本研究で得られた結果をまとめると共に、Y字型バルブレスマイクロポンプの化学分析装置への応用について述べている。その中で、本研究で提案するY字型バルブレスマイクロポンプを

適用する利点、実用化のために解決すべき課題について述べている。

学位論文審査の結果の要旨

以上述べたように、著者の研究は、マイクロ流体システムの高性能化に大きく貢献すると共に、有用な資料を提供している。よって、著者は、博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

なお、本論文に対して調査委員から、独創性・独自性の所在、ポンプ作用の物理的機構などについての質問があったが、著者によって、適切な回答がなされた。また、公聴会においても、学内外から多数の出席者があり、測定方法の妥当性や実験データの信頼性など、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。