

レーザー駆動マイクロポンプ

成瀬好廣

マイクロマシン技術の活用によって、より微量を高精度に輸液できるマイクロポンプの研究開発が活発である^{1,2)}。従来、微量のポンプとしては医療用としてインシュリンや鎮痛剤などの持続注入用に使われている。また、バルブや流体通路などと合わせてマイクロ化することによって血液や薬品類などの検査・分析機器など市場の拡大が期待できる。しかしながら、流体デバイス、特に液体を扱うデバイスのマイクロ化には流体通路抵抗がポンプ性能に大きく影響する。また、小型化に伴う駆動エネルギー方法などの課題がある。

筆者らは、これらの課題に対して蠕動型輸液メカニズムとして、レーザー光を駆動エネルギーとするマイクロポンプを提案した。本稿では、このレーザー駆動マイクロポンプについてその概要を紹介する。

1. 蠕動型ポンプ

マクロな世界のポンプでは、慣性力を利用できることから回転型のポンプが一般的である。しかし、マイクロ化していくと流体通路の圧損防止や駆動源の小型化という課題に直面する。また、ポンプの応用からみれば生化学分析や薬液の微量操作などでは共用化での汚染が問題となる。一般にマイクロポンプではポンプ室両側に逆止弁を設けた構造が多いが、流路内に液体の滲みを生じさせない構造が流体間の汚染防止の点で重要である。

マイクロポンプの生きた教材として蚊の吸血メカニズムがある(図1)。2連球ポンプの両端に開閉弁をもち、駆動用に強力な筋肉が血液通路の側壁に配置された構造で、開閉弁と連球ポンプを順次作動させることで吸血動作を実現している。直径15 μm 程度の細いチューブを通る血液の量は約1mg/min、流速にして10cm/s以上であり、吸血のための発生圧力は約1.4気圧、人の心臓の10倍以上であるという³⁾。図2は開発中のマイクロポンプの動作原理を示しているが、複数のダイヤフラムを直列に並べ、順次駆動させて蠕動運動を発生させることで蚊の吸血メカニズムを模擬している。

(株)アイシンコスモス研究所 (〒448-8650 刈谷市八軒町 5-50)
E-mail: ynaruse@ai-c.aisin.co.jp

2. 大変位ダイヤフラムと光アクチュエーター

Si異方性エッチングにてマイクロセルを形成し、セル片面に SiO_2 とNiCrSiからなるダイヤフラムを熱酸化とスパッターにより製作した。Siと SiO_2 の熱膨張率の差を利用してあらかじめ撓んだ膜とし、大変位とした。図3はマイクロポンプを構成する光アクチュエーター構造を示して

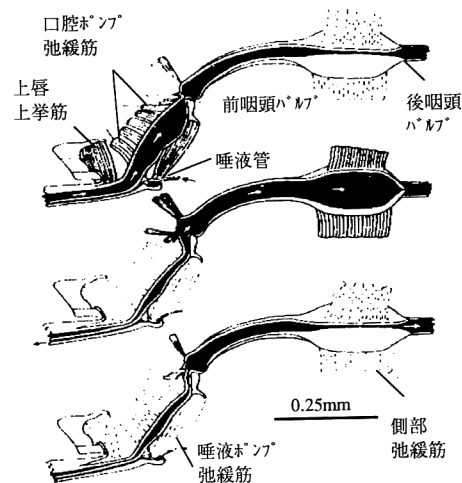


図1 蚊の吸血メカニズム。

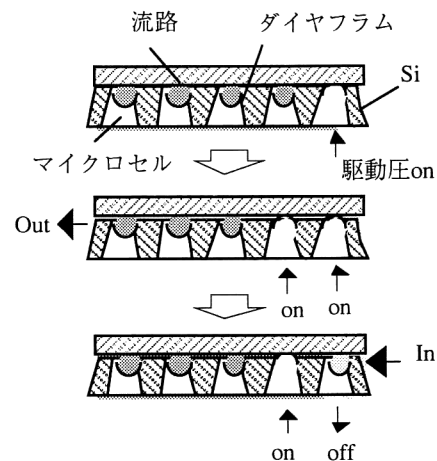


図2 蠕動型ポンプの動作。

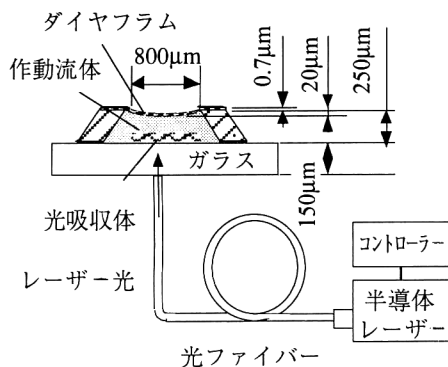


図3 光アクチュエーターの構造。

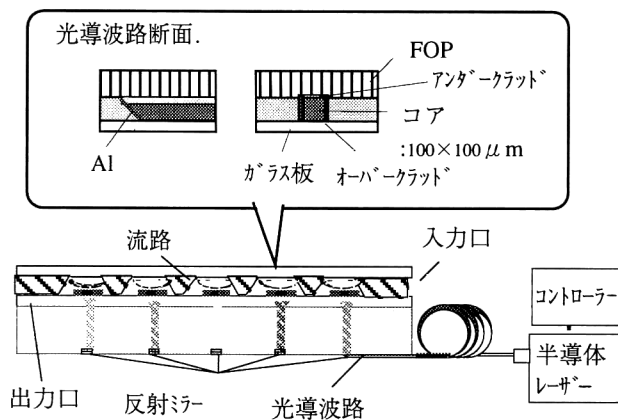


図4 光駆動マイクロポンプの構造。

いる。マイクロセル内に低沸点の作動流体（フッ素系不活性流体：沸点 56°C）と光を熱に変換する光吸収体を封入している。ガラス越しにレーザー光を光吸収体に照射すると作動流体が相変化し、マイクロセル内の圧力が上昇してダイヤフラムを変位させるしくみである。

3. レーザー駆動マイクロポンプ

レーザー駆動マイクロポンプの構造を図4に示す。複数の光アクチュエーター上部に流体通路を設け、光導波路で導いたレーザー光をアクチュエーター側に分岐・放射して光アクチュエーターを駆動する。光導波路は高エネルギーを伝送するために大口径化が可能な高分子導波路（コア材：PMMA）とした。光アクチュエーター内の光吸収体に分岐光を効果的に導くため、FOP（fiber optical plate）を

使用した。試作した光導波路を使って光アクチュエーター（ダイヤフラム：400 μm 角）を駆動した。光導波路出射端 25 mW, Duty 50%, 駆動周波数 2 Hz, 周囲温度 23°C のとき、約 80 ms の応答遅れはあるものの比較的安定して動作した。

現在、これらの結果をもとにして光駆動型のマイクロポンプの製作を進めている。このマイクロポンプは外径を小さくできるため、外径の制約が大きい微小配管内や動作範囲が制約されるマイクロファクトリーシステムのエンドエフェクターとして、接着剤吐出や薬液注入などで利用できよう。

微量を輸液する機構として蚊の吸血メカニズムを参考にした蠕動型マイクロポンプを開発し、レーザー光で駆動する方法について示した。マイクロマシンの開発ではそのメカニズムや形態などの教材として生物の動作メカニズムや骨格構造などが参考にされるが、永い自然淘汰を経て形成された生物の機能を模倣することは、現在の製造技術、設計技術ではまだまだ不十分といえ、さらに研究開発が必要である。しかし、未知技術への取り組みにあたっては開発のしるべとして、また既成概念にとらわれず新しい発想の生み出すきっかけとして生物を参考にすることは決して無駄ではなく、今後ますます注目されるものと考えられる。

本研究の一部は工技院産技プロジェクトの一環として、NEDO から委託を受けた(財)マイクロマシンセンターの再委託業務として(株)アイシン・コスモス研究所が実施したものである。

文 献

- 1) B. Bustgens, W. Bacher, W. Menz and W. K. Schomburg: "Micropump manufactured by thermoplastic molding," *Micro Electro Mechanical System (MEMS)* (1994) pp. 18-21.
- 2) T. S. J. Lammerrink, V. L. Spiering, M. Elwenspoek, J. H. J. Fruitman and A. Van den Berg: "Modular concept for fluid handling systems," *MEMS* (1996) pp. 389-394.
- 3) 池庄司敏明：蚊（東京大学出版会，1993）。

(1998年2月2日受理)