

機能性流体 ERF を応用したマイクロアクチュエータシステム

吉田和弘*, 巖 祥仁*, 金 俊完*

A Microactuator System Using Electro-Rheological Fluid

Kazuhiro YOSHIDA*, Sang In EOM*, Joon-wan KIM*

This paper presents microactuator systems using electro-rheological fluid (ERF). The ERF is a kind of functional fluids and changes its apparent viscosity when subjected to an electric field. An ER valve that controls an ERF flow by applying electric field through a pair of fixed electrodes is simple and miniaturizable. In this paper, two our researches are introduced. First, a soft ER microactuator system is described. For soft actuators, 3 mm long divided electrode type flexible ER microvalve (DE-FERV) is proposed and fabricated by MEMS process including electroforming. Second, for advanced microrobots, a multiple ER microactuator system using an alternating pressure source is described. To reduce the piping space, an ER microfingert system using an alternating pressure source is proposed and developed. An MEMS process for microfingert parts made of PDMS is developed. A 1.6 mm long microfingert is successfully fabricated and its motion is demonstrated.

Key Words : ERF (electro-rheological fluid), Functional fluids, Actuator, Microrobotics, Alternating pressure

1. まえがき

電界印加により粘度が上昇する機能性流体 ERF (Electro-Rheological Fluid) は, 単純な固定電極対でその流れを電圧により制御することができる. 本研究室では, ER バルブを用いたマイクロアクチュエータシステムの研究開発を行っている¹⁾³⁾. 本稿では, 研究成果例を紹介する. なお, 本研究室では ERF としてネマティック液晶を用いている.

2. ソフト ER マイクロアクチュエータシステム¹⁾

狭隘な空間で壊れやすい微小部品などをハンドリングするため, ER バルブの電極を軸方向に分割し得られる ER バルブユニットをゴムチューブ内に収めた電極分割形フレキシブル ER バルブ (Divided Electrode type Flexible ER microValve : DE-FERV) とソフト液圧アクチュエータを組み合わせた Fig. 1 のようなマイクログリッパを提案, 開発している.

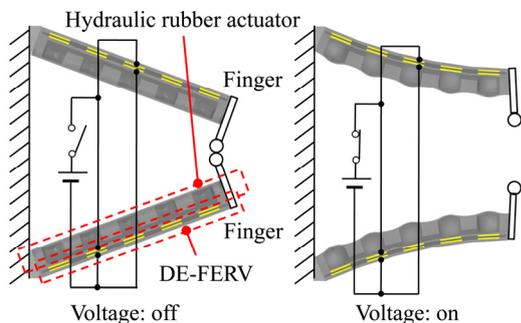


Fig. 1 Microgripper using DE-FERVs

長さ 3 mm の DE-FERV を MEMS プロセスにより試作した. 分割した電極部とそれらを結ぶ薄く柔軟な電線部を一体化した電極部品の MEMS プロセスを Fig. 2 に示す. シリコン基板上のシード層のパターニング (1~3), フォトレジスト製の型を用いた第 1 段階電鍍 (4, 5), 第 2 段階電鍍 (6), フォトレジスト除去と金メッキ (7, 8), シリコン基板のエッチング (9) により行う. この電極部品 2 枚をフォトレジスト SU-8 の絶縁スペーサを介して接合し, その

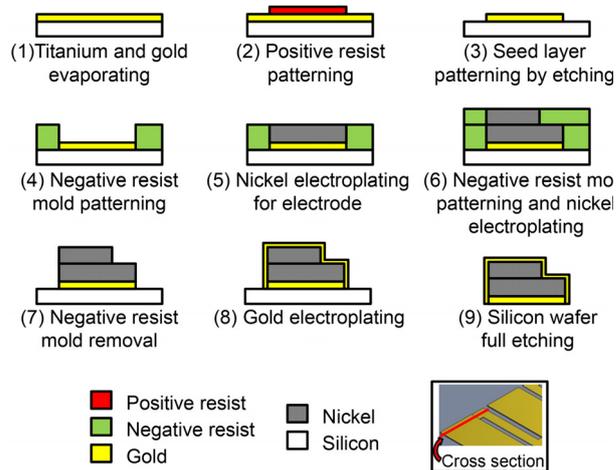


Fig. 2 MEMS process for electrode part of DE-FERV

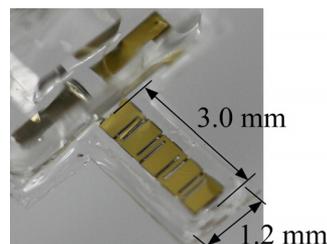


Fig. 3 Fabricated MEMS-based DE-FERV

* 東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 (〒226 - 8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259-R2-42) (E-mail: yoshida@pi.titech.ac.jp)

* Tokyo Institute of Technology

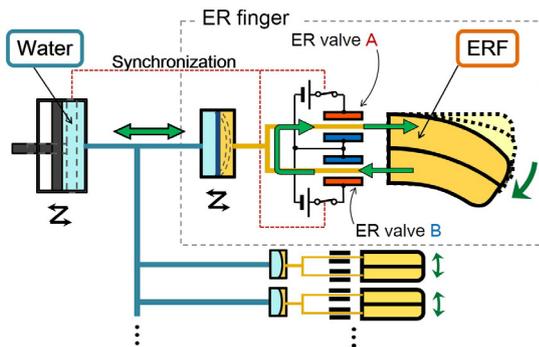


Fig. 4 Proposed ER microfinger system

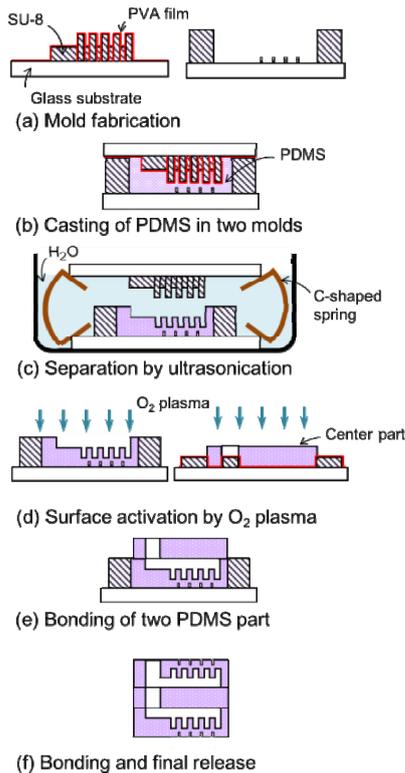


Fig. 5 Proposed ER microfinger system

外側に PDMS (Polydimethylsiloxane) 流路を接着し、DE-FERV を製作した。

以上の MEMS プロセスにより、Fig. 3 に示すように、長さ 3 mm の DE-FERV の試作に成功した。静特性実験の結果、電界印加により粘度が 6.3 倍上昇し、十分な弁制御特性を有することが確認された。

3. 交流圧力源を用いた複数 ER マイクロアクチュエータシステム²⁾³⁾

マイクロロボットには、前進、後進、操舵、物体のハンドリングなどのため、複数アクチュエータシステムが必要である。しかし液圧マイクロアクチュエータを複数用いたシステムを実現しようとする、各アクチュエータに作動流体の供給および戻りの 2 本の配管が必要であり、配管系が複雑かつ大形になる。そこで、交流圧力源を用い、往復流を各アク



Fig. 6 Proposed ER microfinger system

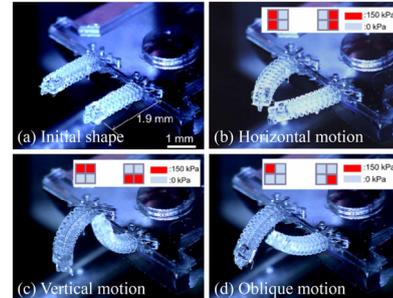


Fig. 7 Motion of two-DOF bending actuators using air pressure

チュエータに付属した ER バルブを同期して動作させ整流して屈曲動作を行う Fig. 4 のような ER マイクロフィンガシステムを提案、開発している。

PDMS フィンガ部は、内部に径方向の膨張を抑える補強壁を有する高アスペクト比構造の 2 個のチャンバと中板を接合したものである。PDMS フィンガ部はフォトレジスト SU-8 の鋳型を用いた PDMS の成型によって製作した。製作プロセスは、Fig. 5 に示すように、2 枚のガラス基板上の SU-8 の型形成と離型剤の塗布 (a)、成形 (b)、超音波処理による離型 (c)、O₂ プラズマによる表面活性化 (d)、接着 (e)、基板からの剥離 (f) である。ER マイクロバルブはシリコンの MEMS プロセスで製作した。

試作した長さ 1.6 mm の ER マイクロフィンガは、Fig. 6 に示すように、先端変位 1.1 mm、立上り時間 1.1 s で屈曲できることが確認された。

現在、2 自由度動作を目指し、2 自由度フィンガ部を試作し、Fig. 7 のような動作を確認している⁷⁾。

4. あとがき

本研究室の ERF を応用したマイクロアクチュエータシステムの研究事例を紹介した。

参考文献

- 1) Yoshida, K., Tsukamoto, N., Kim, J.-W., Yokota, S., *Mechatronics*, **29**, 103/109 (2014)
- 2) Miyoshi, T., Yoshida, K., Kim, J.-W., Eom, S.I., Yokota, S., *Sensors and Actuators A*, **245**, 68/75 (2016)
- 3) 三好智也, 吉田和弘, 金俊完, 巖祥仁, 機学 2016 年度年次大会 DVD, J1110106 (2016)