

K6-17

積層圧電素子を用いた摩擦駆動型 MEMS ロータリーアクチュエータの設計開発

Design and Development of Friction Drive MEMS Rotary Actuator Using Multilayer Piezoelectric Element

○奥 大純¹, 多谷 大樹¹, 高藤 美泉², 齊藤 健³, 内木場 文男³*Hirozumi Oku¹, Masaki Tatani¹, Minami Takato², Ken Saito³, Fumio Uchikoba³

Abstract: This paper reports a friction drive MEMS rotary actuator using multilayer piezoelectric element. Component of the actuator was fabricated by MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) technology. Rotational movement of the actuator is generated by vibration of the piezoelectric element. Dimensions of the fabricated actuator are 4.4 mm (width) × 3.2 mm (height) × 1.0 mm (depth). The developed actuator reaches the rotational motion of 114 rpm at an applied voltage 10 V and the input frequency was 36 kHz.

1. はじめに

アクチュエータは、様々なデバイスの重要な構成要素である。従来のアクチュエータは機械加工により製造されてきたが、微小サイズのアクチュエータの加工は困難である。そのため、IC 製造プロセスに基づいた微小電気機械システム (Micro Electro Mechanical Systems : MEMS) 技術によるマイクロアクチュエータの研究が報告されている [1]。また、駆動系としては圧電素子を用いたものが研究されている [2]。圧電素子を直接駆動源として使用することで、小型の構造が可能となるが、圧電素子は変位量が小さく長ストロークを得るために複数のアクチュエータを組み合わせることが多かった [3]。そこで、圧電素子を用いて摩擦と慣性を利用したストロークに制限の無いスムーズインパクト駆動機構 (Smooth Impact Drive Mechanism : SIDM) が報告されており、実用化に至っている [4] [5]。

本研究では、駆動力に摩擦と慣性を利用した摩擦駆動型 MEMS ロータリーアクチュエータを開発した。摩擦ヘッドは積層圧電素子の振動によって動き、アクチュエータの構成要素は MEMS 技術により作製することで小型化を実現する。本論文では、開発した回転機構と回転動作について報告する。

2. 設計と機構

Figure 1 に摩擦駆動型 MEMS ロータリーアクチュエータの概略図を示す。Figure 1 において、(a) は摩擦駆動型 MEMS ロータリーアクチュエータの全体図、

(b) は摩擦ヘッドとローターの上面図、(c) はアクチュエータの断面図である。アクチュエータの設計サイズは 1.0 × 3.2 × 4.4 mm である。ロータは直径 2 mm であり、ロータとフレームの間の摩擦を軽減させる 3 つの円盤によって保持されている。積層圧電素子はロータの外側にある本体フレームに接着している。摩擦ヘッ

ドは積層圧電素子に取り付けられ、ロータの側面に接している。フレーム、摩擦ヘッド、円盤及びロータは、MEMS 技術により単結晶シリコンウェハから作製した。駆動機構にはロータと摩擦ヘッドの間に生じる摩擦と慣性を利用した。駆動波形にはのこぎり波を用いた。そのため、ロータは慣性力によって留まり、摩擦力によって回転する。この時、慣性力が摩擦力より小さいことが駆動条件となる。積層圧電素子は 6V の印加電圧で 110nm の変位を得る低電圧駆動の素子を用いた。

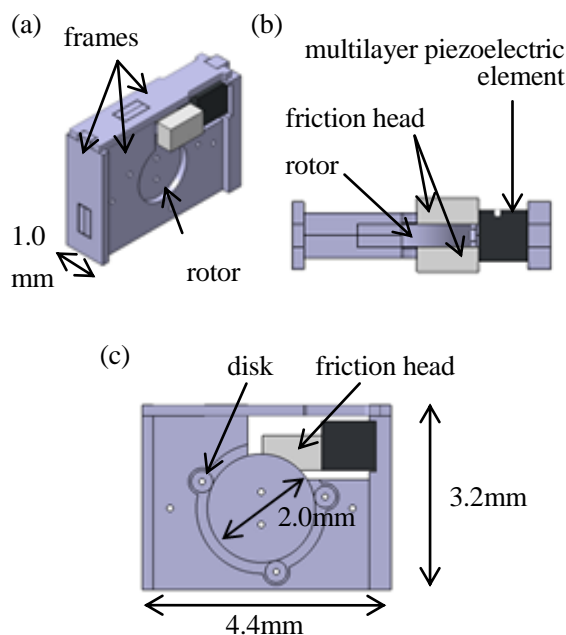


Figure 1. Friction drive MEMS rotary actuator

(a) Overall view of the friction drive MEMS rotary actuator

(b) Top view of the friction head and the rotor

(c) Cross-sectional view of the actuator

3. 結果と考察

Figure 2 に作製した部品と、組み立てた摩擦駆動型

MEMS ロータリーアクチュエータを示す。作製した部品の寸法誤差は、光共焦点顕微鏡で測定した結果、 $\pm 5\mu\text{m}$ であった。作製したアクチュエータのサイズは $1.0 \times 3.2 \times 4.4\text{mm}$ であった。ロータと摩擦ヘッド間の摩擦力の計算結果は $0.36 \times 10^{-9} \text{ N}$ 、慣性力は $0.622 \times 10^{-15} \text{ N}$ であり、慣性力が摩擦力より小さいため回転が可能となる。

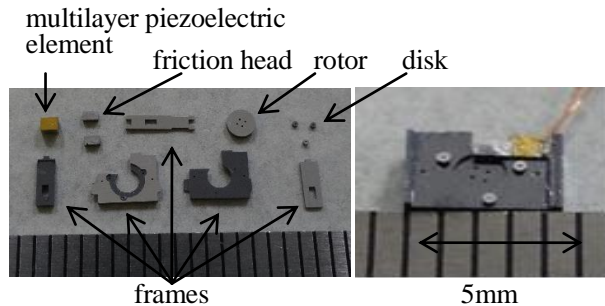


Figure 2. Fabricated components and the assembled friction drive MEMS rotary actuator

作製したアクチュエータは、印加電圧 10V、周波数 36kHz で 114rpm の回転動作を示した。

Figure 3 に作製したアクチュエータの回転運動の様子を示す。

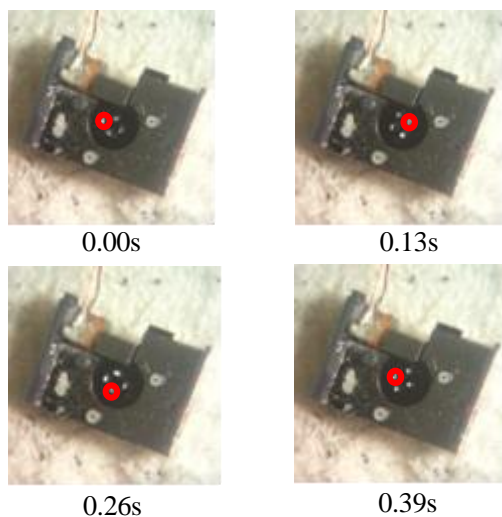


Figure 3. Rotation motion of the developed actuator

Figure 4 に組み立てた摩擦ヘッドとロータの上面図を示す。Figure 4 では、ロータと摩擦ヘッドが接触していることが確認できた。しかし、摩擦ヘッドの位置決めは組立工程において手で調整しているため、作製した各アクチュエータにおいて回転運動は安定していなかった。このことから、摩擦ヘッドを圧電素子に取り付ける際にガイドとなる機構を用いて位置決めし、

摩擦ヘッドを側面から押さえつけ、ロータとの接触を安定させる機構に改良することにより、各アクチュエータにおいて安定して回転が得られると考えられる。

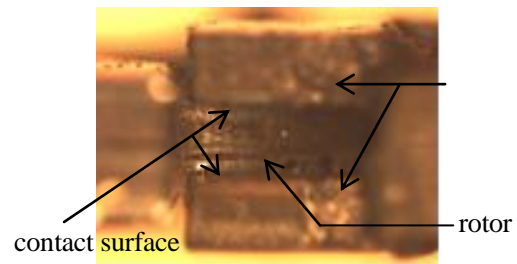


Figure 4. Top view of the assembled friction head and the rotor

4. 結論

本論文では、摩擦駆動型 MEMS ロータリーアクチュエータの設計開発を行った。作製したアクチュエータのサイズは $1.0 \times 3.2 \times 4.4\text{mm}$ であり、アクチュエータの構成要素は MEMS 技術により作製することで小型化を実現した。回転運動は、積層圧電素子の伸縮を摩擦ヘッドを介してロータの回転とし、印加電圧 10V、周波数 36kHz ののこぎり波で 114rpm に達した。

謝辞

本研究は、日本大学のマイクロ機能デバイス研究センターの支援を受けました。本研究は、日本大学の CST 研究プロジェクトの支援を受けました。本研究は、日本学術振興会科研費補助金 25420226 と 23760243 標本作製の支援を受けました。

参考文献

- [1] M. Esashi, "MEMS Using Micro Actuator" Journal of the Japan Society of Mechanical Engineers, Vol.111, No.1072, pp.184-185, March, 2008
- [2] D. Kwon, J. S. Yoo, Y. J. Yun, J. S. Lee, S. H. Kang and K. J. Lim, "A research on the piezoelectric vibration actuator for mobile phone," Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials, Kitakyusyu, vol. 3, pp. 676-678, June, 2005.
- [3] S. Moriyama, T. Harada, and A. Takahashi, "Precision X-Y stage with a Piezo-driven Fine-table 50,4(1984)80
- [4] R. Yoshida, Y. Okamoto, T. Higuchi, and, A. Hamamatsu "Development of Smooth Impact Drive Mechanism (SIDM): Proposal of Driving Mechanism and Basic Performance." Precision Engineering Journal 65.1 (1999): 111-115.
- [5] Y. Okamoto, R. Yoshida, and H. Sneyoshi, "The Development of a smooth Impact Drive Mechanism(SIDM) Using a Piezo electric Element" Konica Minolta Technology Report 1 (2004): 23.