# VI MÔ TƠ NHIỆT - ĐIỆN SIÊU NHỎ CHẾ TẠO BẰNG CÔNG NGHỆ MEMS

TÓM TẮT

**Trần Văn Quân<sup>1</sup>, Bùi Hữu Nam<sup>2\*</sup>, Nguyễn Tiến Dũng<sup>2</sup>** <sup>1</sup>Viện Cơ khí, trường ĐH Bách khoa Hà Nội <sup>2</sup>Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

Ngày nay, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ MEMS, các vi mô tơ đang được nghiên cứu, chế tao và ứng dụng ngày càng phổ biến. Bài báo trình bày thiết kế và mô phỏng một mẫu vi mô tơ quay sử dụng bộ kích hoạt nhiệt điện dạng chữ V. Vi mô tơ có kích thước ngoài 2,4mm, hoạt động với điện áp dẫn tối thiểu U<sub>min</sub>=19V trong dải tần số hàng trăm Hz. Ưu điểm nổi bật của loai vi mô tơ này là tiêu thu năng lượng ít (điện áp dẫn đông thấp), hê thống điều khiển đơn giản, có thể chế tao hàng loat dễ dàng dựa trên công nghê vi cơ khối (Bulk - micromachining). Từ khóa: Vi mô tơ quay; Bộ kích hoat nhiệt điện; Công nghệ vi cơ khối

#### GIỚI THIÊU

Cùng với sự phát triển của nhiều công nghệ sản suất mới lan rộng trong MEMS (Micro Electro Mechanical System), các bộ vi kích hoạt, vi mô tơ đã được nghiên cứu, khai thác và ứng dụng rất rộng rãi [1,2]. Hiệu ứng vật lý ứng dung trong MEMS cũng rất đa dang. mà điển hình là hiệu ứng giãn nở nhiệt. Khác với các hiệu ứng khác, hiệu ứng giãn nở nhiệt có thể cho chuyển vi và lực lớn ở điện áp nhỏ. Một vài loại vi mô tơ tuyến tính sử dụng các bộ kích hoạt nhiệt điện như bộ kích hoạt hình chữ V [3-9], chữ Z [10-11], hay dầm "nónglạnh" [12-14] .., chẳng hạn có thể sử dụng 5 bộ kích hoạt nhiệt điện để tạo ra chuyển động 2 chiều của vi mô tơ dạng sâu đo [15]. Cũng có thể tạo ra chuyển động 2 chiều của vi mô tơ bằng việc sắp xếp các bộ kích hoạt giống như các bánh lái bên ngoài [16]. Nói chung,

các vi mô tơ này có cấu trúc và công nghệ chế tạo tương đối phức tạp.

Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất một mẫu vi mô tơ quay một chiều ứng dụng hiệu ứng giãn nở nhiệt có thể chế tạo bằng công nghê vi cơ khối chỉ sử dung một mặt na giúp giảm giá thành khi gia công hàng loạt và tăng đô chính xác. Bốn bô kích hoat hê dầm chữ V kết hợp với hệ thống thanh răng có để dẫn động vành răng bên ngoài, cùng với đó là bốn cơ cấu chống đảo giữ vành răng trong quá trình hồi vị. Mẫu vi mô tơ này có kết cấu đơn giản, tỷ trọng công suất lớn, điện áp dẫn tương đối nhỏ...

CÂU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐÔNG CỦA VI MÔ TƠ

Cấu tao của vi mô tơ được thể hiện trên hình 1.



Hình 1: Cấu tạo vi mô tơ

Tel: 0913 4483030

Trần Văn Quân và Đtg

Nguyên lý hoat đông của vi mô tơ dưa trên lý thuyết giãn nở nhiệt với trung tâm là bốn bộ kích hoat nhiệt dầm chữ V (1). Khi cấp điện cho các điện cực trên bộ kích hoạt, các dầm của bô kích hoat giãn nở và đẩy đỉnh dầm chuyển động tịnh tiến làm cho thanh (3) quay quanh cổ đàn hồi O. Thông qua các cơ cấu truyền chuyển động (4) được gắn trên thanh (3) sẽ đẩy bánh răng dẫn (5) quay thuận chiều kim đồng hồ. Khi điện áp dẫn bằng không, nhờ lực đàn hồi ở cổ dầm O và lực đàn hồi của bô kích hoat nhiệt (1), thanh răng cóc dẫn (6) hồi về vi trí ban đầu. Bánh răng dẫn không quay ngược trở lại nhờ cơ cấu chống đảo (2). Sau mỗi chu kỳ đấy của bộ kích hoạt nhiệt (1), răng cóc dịch chuyển một đoạn  $i \times p$ : với p là bước của răng cóc ứng với chiều cao răng cóc h, *i* phu thuộc vào chuyển vi của thanh răng cóc, tức là phụ thuộc vào độ lớn và tần số của điện áp dẫn.

Bài báo trình bày tính toán, thiết kế vi mô tơ quay có kích thước ngoài 2,5mm sử dụng bộ kích hoạt nhiệt dạng chữ V dẫn động với các thông số kích thước chính: số cặp dầm: n = 6, chiều dài mỗi dầm đơn  $L = 300 \mu m$ , chiều rộng  $b = 5 \mu m$ , chiều sâu  $h = 30 \mu m$ , góc nghiêng của dầm so với phương dịch chuyển của đỉnh dầm  $\alpha = 2^{\circ}$  (như hình 2).



Hình 2. Mô hình dầm nhiệt chữ V TÍNH TOÁN NHIỆT VÀ CHUYỀN VỊ CỦA DÀM CHỮ V

Tính phân bố nhiệt và lực đẩy của dầm chữ V

Phương trình truyền nhiệt dạng thu gọn:

$$k\frac{d^2T}{dx^2} + J^2\rho = 0 \tag{1}$$

Trong đó J là mật độ dòng điện,  $\rho$  là điện trở suất của dầm, k là hệ số dẫn nhiệt.

Giải phương trình (1) ta thu được phương trình phân bố nhiệt bên trong dầm chữ V:

$$T(x) = T_s + \frac{B}{A^2} + C_1 e^{Ax} + C_2 e^{-Ax}$$
(2)

Trong đó: 
$$B = \frac{U^2}{l^2 \rho_0 k}, A^2 = B\lambda$$
 và  $l = 2L;$ 

$$C_{1} = -\frac{1}{\lambda} \frac{-e^{-2AL} + 1}{e^{2AL} - e^{-2AL}}; \qquad C_{2} = -\frac{1}{\lambda} \frac{e^{2AL} - 1}{e^{2AL} - e^{-2AL}};$$

 $T_s = 20^{\circ}C$ ;  $\rho_0$  là điện trở suất tại  $T_s$  (nhiệt độ môi trường xung quanh) và  $\lambda$  là hệ số nhiệt độ tuyến tính. Từ (2) ta có độ giãn dài của dầm đơn:

$$\Delta L = \int_{0}^{L} \alpha(T) \ T(x) - T_{s} \ dx = \alpha \left[ \frac{B}{A^{2}} L + \frac{C_{1}}{A} \ e^{AL} - 1 \ -\frac{C_{2}}{A} \ e^{-AL} - 1 \right]$$
(3)

Lực đẩy của dầm theo phương dịch chuyển là:

$$\sum F_{thermal} = 2nAE \frac{\Delta L}{L} \sin \alpha \tag{4}$$

Trong đó: n: là số cặp dầm của mỗi bộ kích hoạt; A: là tiết diện mặt cắt ngang của dầm đơn ( $\mu$ m<sup>2</sup>); E: mô đun đàn hồi của vật liệu Silicon (Pa).

Tính chuyển vị ∆D của đỉnh dầm chữ V

Chuyển vị  $\Delta D$  được tính theo công thức

sau: 
$$\Delta D = B'H - BH = \sqrt{AB'^2 - AH^2} - BH$$
$$= \sqrt{L + \Delta L^2 - L\cos\alpha^2} - L\sin\alpha \quad (5)$$
$$\overset{H}{\xrightarrow{B}} \qquad \qquad L + \Delta L$$

**Hình 3.** Sơ đồ tính chuyển vị của đỉnh dầm chữ V Úng với các giá trị U=15÷25(V), n=6, A=5x30 μm<sup>2</sup>, E=169.10<sup>9</sup> Pa, L=300 μm,  $\alpha_{\rm T}$ =4.10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>, λ=1,25.10<sup>-3</sup>, ρ<sub>0</sub>=1200 Ω.m,  $k = 1,56.10^{-4}$  Wµm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> (tại 300K). Ta thu được bảng thông số (bảng 1).

n ?	4	D ?	1 1	A.1 1		1	`	1 1		9	12	1~	T.7
Bang	1:	Bang	thong s	io tinh	toan	nhiet	va	chuven	vl	сиа	dam	chư	V
									· •				

Điện áp U(V)	ΔL (μm)	$T_{max}(°C)$	$\Delta D(\mu m)$	$\sum F_{thermal}(mN)$
15	0,1188	200,92	2,9795	4,2
17,5	0,1796	278,28	4,2741	6,4
19	0,2315	334,38	5,2948	8,2
22,5	0,3936	494,52	8,1249	13,9
24	0,47	578,59	9,3189	16,6
25	0,5495	659,83	10,4903	19,4

## PHÂN TÍCH LỰC TRONG HỆ THỐNG VI MÔ TƠ

#### Quá trình dẫn

Vi mô tơ được dẫn động bằng bốn bộ kích hoạt nhiệt dầm chữ V đối xứng (hình 4.a).



Hình 4.a Hình 4.b Hình 4.c

Hình 4. Sơ đồ tính lực dẫn động

Xét riêng một bộ kích hoạt nhiệt dầm chữ V. Các lực tác dụng lên dầm như hình vẽ 4.b  $\Sigma F_{thermal} - F - \Sigma F_e = 0 \Longrightarrow F = \Sigma F_{thermal} - \Sigma F_e$ 

$$\Rightarrow F = \Sigma F_{thermal} - n.k.\Delta \tag{6}$$

Với:  $\Delta$  là chuyến vị của đỉnh dầm chữ V (luôn có  $\Delta < \Delta D$ ;  $F_{thermal}$  là lực giãn nở nhiệt của một cặp dầm chữ V; n là số cặp dầm;  $F_e$  là lực đàn hồi của một cặp dầm; F là nội lực xuất hiện tại mặt cắt A-A trên phần dẫn động dầm;  $k = 233,05 \mu N / \mu m$  là độ cứng của một cặp dầm.

Gọi d là chuyển vị của thanh răng, đơn giản hóa dầm dầm quay để tính toán chuyển vị  $\Delta$ tại phần đặt lực dẫn động F (hình 4.c).

Trong đó:  $r_1 = 440 \mu m$  là khoảng cách từ điểm đàn hồi đến đỉnh dầm bộ kích hoạt dạng chữ V.  $r = 1040 \mu m$  là khoảng cách từ điểm đàn hồi đến răng cóc. Thế vào (6) ta có:

$$F = \sum F_{ihermal} - n.k.\Delta = \sum F_{ihermal} - n.k.d.\frac{r_{\rm i}}{r}$$
(7)

Đối với thanh răng và vành răng dẫn động, các lực tác động được thể hiện trong hình 5:



Hình 5. Phân tích lực quá trình dẫn động

Trong đó: F đóng vai trò là lực dẫn động  $F_{el}$  là lực đàn hồi của dầm (quanh điểm đàn hồi);  $F_{f_2}$  là lực ma sát giữa răng cóc dẫn và nền Si;  $F_{f_3}$  là lực ma sát giữa bánh răng dẫn và nền;  $F_a$  là lực đàn hồi của cơ cấu chống đảo;  $F_{f_5}$  là lực ma sát giữa đỉnh của dầm chống đảo và bề mặt răng cóc.

Trong trường hợp này, khoảng dịch chuyển d của thanh răng cóc thỏa mãn điều kiện sau: d = i.p + g. Trong đó: i là số nguyên i=1,2..., $p=10\mu$ m,  $g=2\mu$ m là khe hở ban đầu giữa các răng của thanh răng cóc dẫn và vành răng (xem hình 1).

Mômen dẫn động của vi mô tơ được xác định bởi công thức sau:

$$M_{d} = M_{F} - M_{f2} - \frac{M_{f3}}{4} - M_{f4} - M_{f5}$$
(8)

Để cơ cấu có thể hoạt động được, mô men dẫn  $M_d$  phải lớn hơn  $M_{el}: M_d \ge M_{el}$  (9)

Trong đó:  $M_d$  là mô men dẫn động F;  $M_{fi}$  (i = 2, 3, 4) là các mô men ma sát (tính quanh điểm đàn hồi O). Chúng được tính theo các biểu thức:

$$\begin{split} M_{F} &= F.r_{1}; M_{f2} = f.m_{2}.G.r; & M_{f3} = f.m_{3}.G.r_{2}; \\ M_{f4} &= f.m_{4}.G.r_{3}; F_{a} = k_{r}.h; & M_{f5} = f.F_{a}.\cos\alpha.r; \\ M_{el} &= k_{p}.d.r = k_{p}.(i.p+g).r \end{split}$$
(10)

Trong đó: *G* là gia tốc trọng trường  $(G = 9,81.10^6 \ (\mu m/s^2))$ ; f = 0,3 là hệ số ma sát giữa Silicon-Silicon;  $m_2, m_3, m_4$  lần lượt là khối lượng của thanh răng cóc, bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn;  $k_p = 2,88\mu N/\mu m$  là độ cứng của dầm quay cổ đàn hồi;  $h = 6\mu m$  là chiều cao của răng cóc;  $r_3 = 1220\mu m$ : khoảng cách từ điểm đàn hồi (cổ đàn hồi) đến điểm tiếp xúc giữa bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn;  $k_r = 21,19\mu N/\mu m$  là độ cứng của cơ cấu chống đảo;  $\alpha = 30^\circ$ : góc nghiêng của răng cóc;  $r_2 = 1180\mu m$  là khoảng cách từ điểm đàn hồi đến tâm vành bánh răng dẫn.

Dựa vào (8), (9) và (10) ta có:

$$\sum F_{\text{thermal}} \ge \frac{1}{r_{i}} \left[ M_{f2} + \frac{M_{f3}}{4} + M_{f4} + M_{f5} + k_{p}.(i.p+g).r \right] + nk.(i.p+g).\frac{r_{i}}{r}$$
(11)  
$$\mathbf{V}\mathbf{\hat{a}y}: i = 1 \Longrightarrow \begin{cases} \Delta = (i.p+g).\frac{r_{i}}{r} = 12.\frac{440}{1040} = 5,07\mu m \\ \sum F_{\text{thermal}} \ge 5,2mN \end{cases}$$
(12)

143

Trần Văn Quân và Đtg

$$i = 2 \Longrightarrow \begin{cases} \Delta = (i.p+g).\frac{r_1}{r} = 22.\frac{440}{1040} = 9,3\mu m \\ \sum F_{thermal} \ge 9,452mN \end{cases}$$
(13)

Do chuyển vị thực tế  $\Delta$  khi dẫn động luôn nhỏ hơn chuyển vị  $\Delta D$  vậy từ (12) và (13) tra bảng 1, kết quả tính toán chuyển vị và lực đẩy của dầm chữ V ta có kết luận như sau:

+ Để hệ thống chuyển động được 1 bước răng cần điện áp tối thiểu là: U<sub>min</sub> =19V

+ Để hệ thống chuyển động được 2 bước răng cần điện áp tối thiểu là: U<sub>min</sub> = 24V

## Quá trình hôi vị

Sơ đồ phân tích lực quá trình hồi vị như hình vẽ 6. Trong quá trình hồi vị (khi điện áp dẫn bằng 0), do ảnh hưởng của lực đàn hồi của các dầm, thanh răng cóc hồi về vị trí ban đầu và tác dụng một lực lên vành răng.



Hình 6. Sơ đồ phân tích lực quá trình hồi vị

Trong đó:  $F_{ev}$  là lực đàn hồi của bộ kích hoạt nhiệt dầm chữ V:  $F_{ev} = n.k.\Delta (F_{ev})$ : phản lực đàn hồi:  $\overrightarrow{F_{ev}} = -\overrightarrow{F_{ev}}$ );  $F_{el}$  là lực đàn hồi của cổ dầm O ( $F_{el}$ : phản lực đàn hồi:  $\overrightarrow{F_{el}} = -\overrightarrow{F_{el}}$ );  $F_n$ là phản lực đàn hồi theo phương vuông góc với bề mặt răng của thanh răng cóc dẫn;  $F_{f1}$  là lực ma sát trượt giữa răng của thanh răng cóc dẫn và vành răng;

 $F_{dhr} = k_{rc} \Delta y_r$  là lực đàn hồi của cổ thanh răng cóc dẫn; với  $\Delta y_r = 2,5\mu m$  là độ nén lớn nhất của thanh răng cóc dẫn khi trượt hai dãy răng cóc,  $k_{rc} = 4,88\mu N / \mu m$  là độ cứng của cổ thanh răng cóc dẫn.

## Để hệ thống có thể hồi vị về vị trí ban đầu khi ngừng cấp điện áp U thì:

Ở thời điểm bắt đầu quá trình hồi vị, lực đàn hồi  $F_{el} + F_{ev}$  thắng lực ma sát  $F_{f1}$  và  $F_{f2}$ ; Lực  $F_{f1}$  có thể tính theo công thức sau:

$$F_{f1} = f \cdot F_n = f \cdot F_{el} + F_{ev} - F_{f2} \sin \alpha$$
(14)

Vì 
$$f.\sin\alpha = 0, 3.0, 5 = 0, 15 < 1$$
 vậy từ (14) ta có  
 $F_{f1} + F_{f2} < F_{ev} + F_{el} = F_{ev} + F_{el}$ 

Thành phần lực Q theo phương y sẽ làm nén lò xo và tạo ra sự trượt của hai dãy răng cóc:

$$Q = F_{n} \cos \alpha = F_{el} + F_{ev} - F_{f2} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{1}{2} F_{el} + F_{ev} - F_{f2} \sin 2\alpha$$
(15)

Điều kiện để rãnh răng cóc có thể hồi về vị trí ban đầu là:

$$Q \ge F_{dhr} + F_{f1} \sin \alpha = F_{dhr} + f \quad F_{el} + F_{el} - F_{f2} \quad \sin^2 \alpha$$
(16)

$$i \ge \frac{1}{p} \left( \frac{\frac{2F_{dhr}}{\sin 2\alpha - 2f \sin^2 \alpha} + F_{f^2}}{k_p + n.k.\frac{r_i}{r}} - g \right) = -0,19$$

Vậy luôn luôn thỏa mãn (16)

**Tóm lại:** + Điện áp tối thiểu để hệ thống chuyển động được 1 bước răng là:  $U_{\min} = 19 \text{ V}$ + Điện áp tối thiểu để hệ thống chuyển động được 2 bước răng là:  $U_{\min} = 24 \text{ V}$ 

## MÔ PHỎNG NHIỆT VÀ CHUYỂN VỊ CỦA BỘ KÍCH HOẠT NHIỆT

Điều kiện biên: hai đế (2 cực) của bộ kích hoạt nhiệt dầm chữ V đặt rằng buộc ngàm và thiết lập nhiệt độ ( $T_s = 20^{\circ}C$ ). Tiến hành mô phỏng bằng phần mềm Ansys và so sánh với kết quả tính toán trên phần mềm Matlab ứng với dải điện áp biến thiên từ 15÷25V, ta thu được các các kết quả như hình 7, 8. Từ đó ta nhận thấy:

Nhiệt độ lớn nhất xuất hiện ở đỉnh dầm chữ
 V. Kết quả này tương đối sát với kết quả tính toán. Tại 25V sai số lớn nhất δ<sub>Tmax</sub>=12,05%

- Ở điện áp càng cao (hay nhiệt độ cao) thì sai số giữa kết quả tính toán và mô phỏng càng lớn có thể được giải thích do trong phần tính toán, để đơn giản các tác giả bỏ qua tổn thất nhiệt do bức xạ và đối lưu và cũng không xét đến sự thay đổi theo nhiệt độ của hệ số giãn nở nhiệt  $\alpha_T$  và độ dẫn nhiệt k.



**Hình 7:***a. Nhiệt độ phân bố trên dầm ứng với* U=19V; *b. Đồ thị so sánh nhiệt độ*  $T_{max}$  trên dầm chữ V



**Hình 8:** a. Chuyển vị của đỉnh dầm chữ V ứng với U=19V; b. Đồ thị so sánh chuyển vị của đỉnh dầm chữ V

#### KÊT LUẬN

Bài báo đã trình bày nguyên lý hoạt động, tính toán chuyển vị và động lực học cấu trúc, mô phỏng một mẫu vi mô tơ quay, dẫn động bằng các bộ kích hoạt dầm chữ V. Vi mô tơ có thể hoạt động với điện áp dẫn tối thiểu  $U_{min}$ =19V trong dải tần số hàng trăm Hz. Các kết quả mô phỏng trên phần mềm Ansys tương đối sát với kết quả tính toán. Sai số lớn nhất giữa tính toán và mô phỏng là 12,05% tại điện áp dẫn 25V.

Ưu điểm nổi bật của vi mô tơ là điện áp dẫn thấp, đơn giản trong thiết kế và điều khiển, sử dụng công nghệ chế tạo vi cơ khối đơn giản với chỉ một mặt nạ. Trong tương lai, vi mô tơ này có thể được tích hợp vào trong các khớp quay của vi robot hoặc trong các hệ thống vận chuyển/lắp ráp micro nằm trên chip.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phuc Hong Pham, Dzung Viet Dao (2011), "Micro Transportation Systems: A Review", Modern Mechanical Engineering, Vol.1, No.2, pp 31-37.

2. Dang Bao Lam, Vu Ngoc Hung, Pham Hong Phuc, "Micro mechanisms in the micro robot systems: case studies of the electrostatic micro mechanisms", Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ IX, 2012

3. A Geisberger, D Kadylak and M Ellis (2006), "A silicon electrothermal rotational micro motor measuring one cubic millimeter", J. Micromech. Microeng., 16, pp. 1943–1950.

4. Baker M. et al. (2007), "Design and Reliability of a MEMS Thermal Rotary Actuator", Proc. TEXMEMS IX, September 17, 2007, Lubbock, TX.

5. Jae-Sung Park et al. (2001), "Bent-Beam Electrothermal Actuators - Part II: Linear and Rotary Microengines", J. of MicroElectroMechanical Sys., Vol. 10, No. 2, pp. 255-62.

6. Jinkui C. et al. (2011), "A novel SU-8 electrothermal microgripper based on the type synthesis of the kinematic chain method and the stiffness matrix method", Journal of Micromech. Microeng., Vol. 21, 15pp.

Trần Văn Quân *và Đtg* 

7. Park J. S. et al. (2000), "Long throw and rotary output electro-thermal actuators based on bentbeam suspensions': 13rd Annual International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, pp. 680-685.

8. Byron Shay, Ted Hubbard, Marek Kujath (2008), *"Linear frictional micro-conveyors"*, Sensors and Actuators A 148, pp. 290–298.

9. Nguyen Tuan Khoa. Et al (2012), "Design ang fabrication of micro bi-directional motor driven by electro-thermal actuators", Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ IX, Hà Nội, Việt Nam

10. Changhong Guan and Yong Zhu (2010), "An electrothermal microactuator with Z-shaped beams", J. Micromech. Microeng. Vol.20, 9pp.

11. Changhong Guan and Yong Zhu (2012), "Bidirectional Electrothermal Actuator With Z-Shaped Beams", Sensor journal. Vol.12, 7, pp. 2508-9. 12. Kolesar et al. (2004). *"Electrothermal MEMS Micro-engine Capable of Bi-directional Motion"*, Thin Solid Film, pp. 481-488.

13. Johnstone R.W., Parameswaran M. (2005), "Deflection response of electro-thermal actuators to voltage and power", Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 478-481.

14. Ang Beng Seng et al. (2009). "Design and Analysis of Thermal Microactuator", European Journal of Scientific Research, pp. 281-292.

15. Ho Nam Kwon *et al.* (2001): "A *micromachined thermoelastic inchworm actuator*", Proc. of American Society for Precision Engineering, 2001 Annual meeting, pp. 127-130.

16. Mathew Stevenson *et al.* (2007), "Development of a bidirectional ring thermal actuator", Journal of Micromech. Microeng. Vol. 17, pp. 2049–2054.

## SUMMARY ELECTRO - THERMAL MICRO-MOTOR FABRICATED BY MEMS TECHNOLOGY

Tran Van Quan<sup>1</sup>, Bui Huu Nam<sup>2\*</sup>, Nguyen Tien Dzung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Ha Noi University of Science and Technology, <sup>2</sup>College of Technology - TNU

Micro-motors based on MEMS technology are recently researched and developed world-wide. This paper presents design, simulation of a micro-motor using V-shaped electro-themal actuator. This motor has cover diameter of 2.4mm, can operate with minimum applying voltage  $U_{min} = 19V$  and driving frequency ranging from 1 to hundreds Hz. Advantages of this motor are lower driving voltage, simple control and batch fabrication based on bulk-micromachining technology. **Keywords:** *Micromotor; Electro-thermal Actuator; Bulk-micromachining Technology* 

Ngày nhận bài:28/2/2014; Ngày phản biện:10/3/2014; Ngày duyệt đăng: 09/6/2014 <u>Phản biên khoa học:</u> PGS.TS Nguyễn Văn Dự - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐHTN

<sup>&</sup>lt;sup>\*</sup> Tel: 0913 4483030