

MÔ PHỎNG ĐẶC TÍNH CƠ HỌC MÀNG DAO ĐỘNG CỦA VI BƠM DỰA TRÊN VẬT LIỆU ÁP ĐIỆN

SIMULATION MECHANICAL FEATURE OF A MICROPUMP BASED ON PIEZOELECTRIC MATERIAL

Vũ Tuấn Anh¹, Nguyễn Anh Tú¹, Nguyễn Huy Kiên¹,
Bùi Thanh Lâm^{1,*}, Lê Văn Nghĩa¹,
Trịnh Quang Thông², Nguyễn Quang Định²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.121>

TÓM TẮT

Bài báo này trình về kết quả mô phỏng các đặc tính cơ học màng dao động của vi bơm sử dụng vật liệu áp điện làm cơ cấu truyền động bằng phần mềm Ansys APDL. Hiệu suất của vi bơm phụ thuộc vào các đặc tính của màng áp điện (PZT - Lead Zirconate Titanate), màng silicon, điện áp kích thích. Sự dịch chuyển của màng dao động tăng lên khi điện áp kích thích tăng và độ dày của màng áp điện giảm. Khi kích thước của màng áp điện giảm, độ lệch sẽ tăng đến giá trị cực đại, nếu tiếp tục giảm kích thước của màng áp điện, thì độ lệch sẽ giảm theo. Các kết quả nghiên cứu là cơ sở để tính toán, thiết kế và chế tạo bộ điều khiển cho vi bơm sử dụng màng áp điện.

Từ khóa: Vi bơm; vật liệu áp điện; điện áp điều khiển; màng dao động.

ABSTRACT

This paper presents the simulation results of the vibration membrane mechanical properties of a micropump based on piezoelectric materials as the actuator using Ansys APDL software. The performance of the micropump depends on the properties of the piezoelectric membrane (PZT - Lead Zirconate Titanate), the silicon membrane, and the driving voltage. The displacement of the vibration membrane increases as the amplitude of driving voltage increases and the thickness of the piezoelectric membrane decreases. When the size of the piezoelectric membrane decreases, the displacement of membrane increases to a maximum value, if it continues to decrease, the displacement will decrease accordingly. The research results are the basis for calculating, designing a controller for a micropumps based on piezoelectric actuator.

Keywords: Micropump; PZT; driving voltage; vibration membrane.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: buithanhlam@hauai.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/3/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay các hệ vi lỏng được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng như: Xét nghiệm y tế, truyền thuốc cho bệnh nhân, phân tích hoá học, phun nhiên liệu [1]. Những hệ vi lỏng này có ưu điểm là kích thước nhỏ, chi phí thấp, độ chính xác cao. Lượng lưu chất nhỏ thường được bơm và kiểm soát trong các hệ thống như thế này [2]. Vi bơm là một thành phần quan trọng của hệ vi lỏng, nó được sử dụng để bơm và điều khiển chính xác một lượng nhỏ dòng lưu chất có thể tích cỡ (μL và mL) [3]. Vi bơm đã được phát triển trong nhiều năm qua cho nhiều ứng dụng dựa trên các nguyên lý hoạt động khác nhau như áp điện [4-6], điện từ [7], nhiệt [8], hợp kim nhớ hình [9], tính điện [10]. Trong số các cơ cấu dẫn động kể trên, vi bơm sử dụng vật liệu áp điện có một số ưu điểm như thể tích luân chuyển lớn, đáp ứng nhanh, cấu tạo đơn giản.

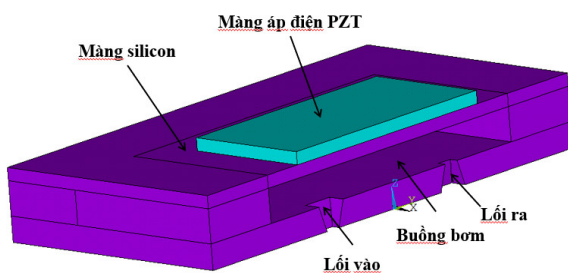
Vi bơm sử dụng vật liệu áp điện đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu cho các ứng dụng khác nhau. R. Gidde và các cộng sự nghiên cứu về tối ưu cho một vi bơm vi bơm sử dụng vật liệu áp điện có lối vào/ra dạng vòi phun khuếch tán ứng dụng để vận chuyển thuốc, lưu lượng của vi bơm đạt $20\mu\text{L}/\text{min}$ và áp suất ngược tối đa là 200Pa . Màng dao động của vi bơm này có dạng hình tròn và thiết kế tối ưu các thông số của vi bơm dựa trên phần mềm COMSOL Multiphysics 5.0 [11]. Tác giả Dau và các cộng sự [12] nghiên cứu về một vi bơm có cơ cấu chấp hành dựa trên vật liệu áp điện, vi bơm này có các kênh dẫn vào/ra khác với dạng vòi phun thông thường. Lưu lượng của vi bơm đạt $5,2\text{mL}/\text{min}$ tại tần số $7,9\text{kHz}$ và điện áp 50V . Cazorla và cộng sự [13] đã khảo sát ảnh hưởng của tần số giãn/ép của màng tại buồng bơm đối với tốc độ dòng chảy ở cùng điện áp nuôi 24V . Theo đó, độ lệch lớn nhất của tâm màng rung đo được là $5,6\mu\text{m}$. Đối với

mẫu bơm này, tốc độ dòng chảy tăng tuyến tính rõ rệt trong khoảng từ 0 đến 0,8Hz và gần tuyến tính từ 0,8 đến 1Hz mà tốc độ bơm lớn nhất đạt được ở 1Hz là 3,5μl/min. Revathi và Padmanabhan [14] đã đưa ra thiết kế vi bơm áp điện kiểu lai ghép. Các bộ phận của mẫu vi bơm này gồm một cặp đầu phun/phân tán, màng bằng chất PDMS, buồng bơm và bộ kích hoạt áp điện mà đường kính màng và bộ kích hoạt áp điện tương ứng với đường kính buồng bơm. Thiết kế này hướng tới mục đích tạo được tốc độ bơm tốt ở điện áp và tần số thấp. Do đó, ảnh hưởng của điện áp và tần số lên tốc độ bơm đã được khảo sát. Wang và các cộng sự [15] đã công bố một vi bơm sử dụng vật liệu áp điện làm cơ cấu chấp hành, vi bơm có lối vào/ra dạng van một chiều và được ứng dụng trong phun nhiên liệu. Các kết quả cho thấy vi bơm đạt lưu lượng 105mL/min và áp suất ngược tối đa 23kPa tại điện áp kích thích có biên độ 400V và tần số 490Hz. Meng Wang và các cộng sự [16] trình bày về một vi bơm có cấu trúc van vào/ra dạng thụ động, cơ cấu chấp hành tạo dao động sử dụng vật liệu áp điện có dạng hình tròn, vi bơm này được thiết kế cho ứng dụng truyền thuốc insulin với độ chính xác $\pm 3\%$. Lưu lượng của vi bơm đạt 6,8mL/min tại điện áp 240V và tần số 230Hz

Qua phân tích các nghiên cứu trên có thể thấy, vi bơm sử dụng vật liệu áp điện có nhiều ứng dụng. Các tác giả tập trung đánh giá hiệu suất của vi bơm dựa trên biên độ điện áp và tần số của nguồn kích thích. Mặc dù đã có nhiều công bố về vi bơm có cơ cấu chấp hành dựa trên vật liệu áp điện, nhưng vẫn còn nhiều việc phải làm để tối ưu hóa cấu trúc của vi bơm. Trong bài báo này trình bày về ảnh hưởng của biên độ và tần số của điện áp kích thích cũng như độ dày của màng áp điện có dạng hình vuông đến độ lệch của màng dao động của vi bơm dựa trên kết quả mô phỏng bằng phần mềm ANSYS APDL.

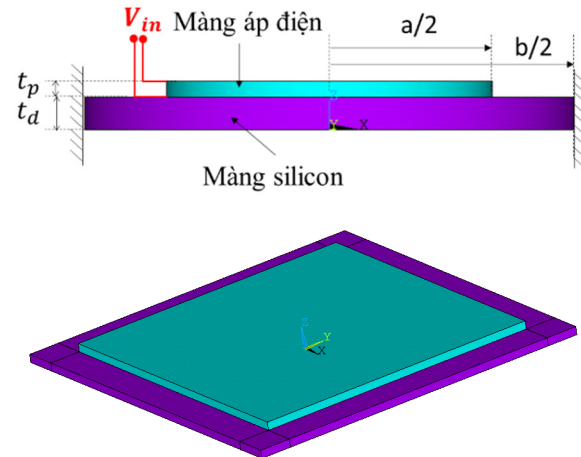
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Vi bơm sử dụng cơ cấu dẫn động bằng vật liệu áp điện (hình 1) gồm có: Buồng bơm, lối vào/ra, màng áp điện được dán cố định vào màng silicon (màng có tính đàn hồi cao).



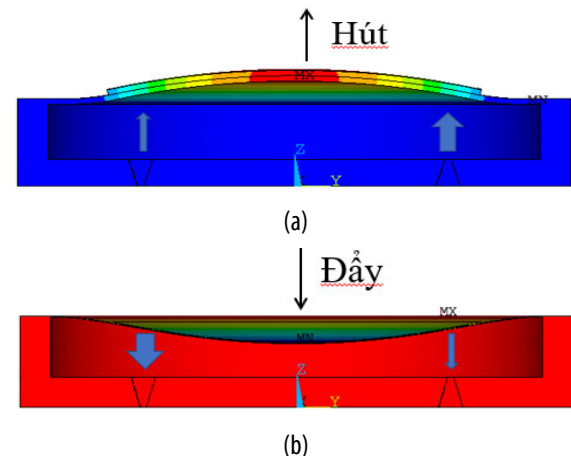
Hình 1. Vi bơm áp điện

Nguyên lý hoạt động dựa trên hiệu ứng áp điện ngược [2]. Khi cấp nguồn V_{in} cho màng áp điện, màng áp điện sẽ bị biến dạng, do lớp màng silicon có tính đàn hồi cao bị ngàm chặt tại các mép và được dán với màng áp điện (hình 2), dẫn đến màng silicon bị uốn lên hoặc võng xuống theo chiều của điện áp sẽ tạo ra chế độ hút và đẩy.



Hình 2. Màng dao động

Chế độ hút: Nửa chu kỳ đầu tiên điện áp kích thích sẽ làm cho màng dao động chuyển động hướng lên trên (hình 3a), áp suất trong buồng bơm giảm, dòng lưu chất sẽ chảy từ bên ngoài chảy vào trong buồng bơm. Do cấu tạo của van dẫn dòng lưu chất chảy vào buồng bơm qua van vào (bên phải hình 3a) nhiều hơn dòng lưu chất chảy vào buồng bơm qua lối vào bên trái.



Hình 3. Chế độ hút và đẩy

Chế độ đẩy: Nửa chu kỳ sau của điện áp kích thích (điện áp đổi dấu), màng dao động sẽ chuyển động hướng xuống phía dưới (hình 3b). Áp suất trong buồng bơm sẽ tăng lên và đẩy chất lỏng ra bên ngoài. Dòng lưu chất chảy ra bên ngoài qua van ra (bên trái hình 3b) nhiều hơn qua van bên phải. Do đó, trong một chu kỳ điện áp, sẽ có một lượng chất lỏng ΔV chảy qua vi bơm trong một chu kỳ.

kỳ, lượng chất lỏng này là hiệu số của thể tích lớn nhất và nhỏ nhất của buồng bơm.

Lưu lượng của vi bơm được tính như sau:

$$Q = \Delta V \cdot f \quad (1)$$

Trong đó, f là tần số của nguồn điện kích thích.

Phương trình liên kết tính chất cơ - điện của vật liệu áp điện:

$$\sigma = c\varepsilon - eE \quad (2)$$

Trong đó, σ , c , ε , e và E lần lượt là ứng suất, ma trận hệ số đàn hồi, độ biến dạng, ma trận áp điện và điện trường. Do có sự liên kết giữa màng PZT và màng silicon, khi áp một điện áp kích thích vào các cực của màng PZT, lớp màng PZT sẽ bị biến dạng sẽ sinh ra lực áp điện f_p , lực áp điện này sẽ làm cho lớp màng silicon chuyển động. Do độ dày của màng silicon rất mỏng so với kích thước còn lại, đồng thời các biên coi như bị ngàm chặt, nên chuyển động của màng được tuân theo lý thuyết của Tymoshenko:

$$\frac{Et_d^3}{12(1-\nu^2)} \nabla^4 W + \rho_d t_d \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = f_p \quad (3)$$

Trong đó, E , t_d , ν , W lần lượt là hệ số Young's modulus, độ dày, hệ số Poisson và độ lệch của màng silicon. Từ phương trình (1) và (2) sẽ tính được độ lệch bằng phương pháp giải tích, tuy nhiên lời giải rất phức tạp. Độ lệch của màng silicon sẽ được giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn dựa trên phần mềm ANSYS.

Các thông số hình học và vật liệu của màng dao động như sau: Màng áp điện được sử dụng có dạng hình vuông $a \times a \mu\text{m}$, dày $t_p \mu\text{m}$, màng silicon làm bằng vật liệu có tính đàn hồi cao (như SiO_2) có dạng hình vuông $b \times b \mu\text{m}$ có độ dày $t_d \mu\text{m}$.

Các thông số hình học:

$a = 2000 \mu\text{m}$	$t_p = 10 \mu\text{m}$
$b = 2200 \mu\text{m}$	$t_d = 10 \mu\text{m}$

Các thông số vật liệu:

	Suất đàn hồi (GPa)	Khối lượng riêng (kg/m^3)	Hệ số Poisson
Màng silicon	206	7930	0,3
Màng áp điện		7500	

Ma trận hằng số điện môi:

$$[e^S] = \begin{bmatrix} 1700 & 0 & 0 \\ 0 & 1700 & 0 \\ 0 & 0 & 1470 \end{bmatrix}$$

Ma trận áp điện:

$$[e] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -6,5 \\ 0 & 0 & -6,5 \\ 0 & 0 & 23,3 \\ 0 & 17 & 0 \\ 17 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{C}/\text{m}^2$$

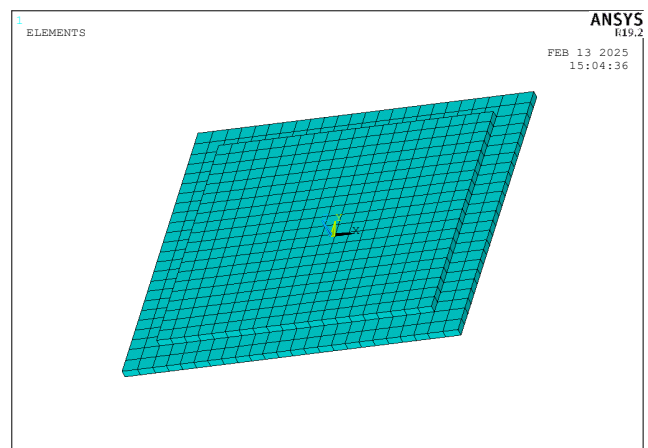
Ma trận hệ số đàn hồi:

$$[c] = \begin{bmatrix} 12,6 & 7,95 & 8,41 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 12,6 & 8,41 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 11,7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2,3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2,3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2,35 \end{bmatrix} \times 10^{10} \text{N}/\text{m}^2$$

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Mô hình phần tử hữu hạn của màng dao động

Phương pháp phân tích phần tử hữu hạn (Finite Element Methode FEM) được sử dụng để mô phỏng tác động của điện áp kích thích đến sự chuyển vị của màng ngàm. Một mô hình phần tử hữu hạn của màng ngàm được xây dựng bằng phần mềm Ansys (hình 4). Trong đó màng áp điện và màng silicon được liên kết cố định. Phần tử Solid 45 và Solid 5 lần lượt được sử dụng để mô phỏng cho màng silicon và màng áp điện.

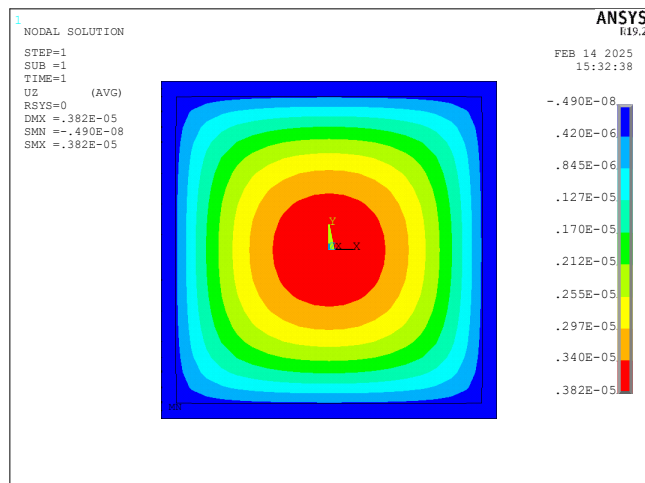


Hình 4. Mô hình phần tử hữu hạn

3.2. Chuyển vị của màng dao động dưới tác dụng của điện áp kích thích

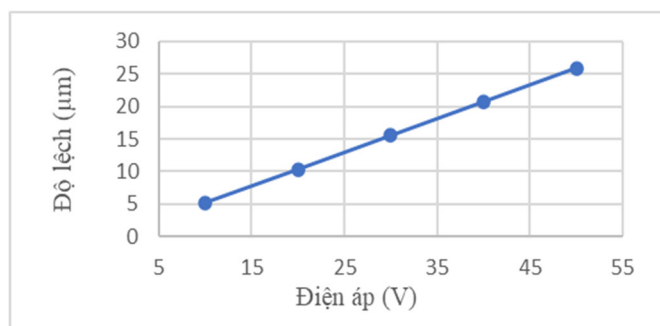
Khi điện áp kích thích được đặt vào các điện cực của màng áp điện, màng áp điện sẽ co lại hoặc giãn ra do hiệu ứng áp điện ngược và điều này sẽ gây ra biến dạng của màng silic. Chuyển vị của màng dao động không những phụ thuộc vào biên độ mà còn phụ thuộc vào cả tần số của điện áp điều khiển.

Khi điện áp điều khiển có biên độ 10V đặt vào các điện cực của màng áp điện, kết quả mô phỏng chuyển vị của màng dao động (hình 5), độ dịch chuyển cực đại nằm ở tâm của màng đạt giá trị $3,82\mu\text{m}$, tại mép của màng silicon và buồng bơm gần như không có sự chuyển vị.



Hình 5. Chuyển vị của màng dao động

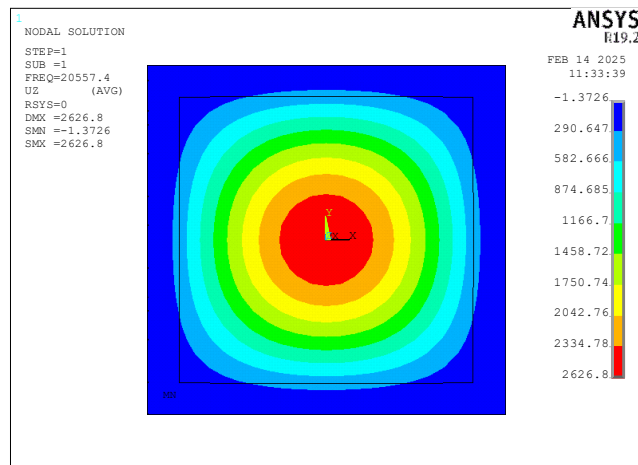
Để tìm hiểu mối quan hệ giữa sự chuyển vị của màng và điện áp kích thích, các điện áp khác nhau đã được cấp vào điện cực của màng áp điện và các chuyển vị tương ứng của màng đã được đo. Ở cùng một kích thước của màng áp điện cũng như màng silicon, độ dịch chuyển tăng lên khi tăng biên độ của điện áp điều khiển và mối tương quan giữa điện áp kích thích và sự dịch chuyển tâm của màng dao động được minh họa như hình 6. Vì tốc độ dòng lưu chất của vi bơm tỷ lệ với sự dịch chuyển của màng dao động, nên để đạt được lưu lượng lớn hơn cần cấp nguồn có điện áp lớn hơn.



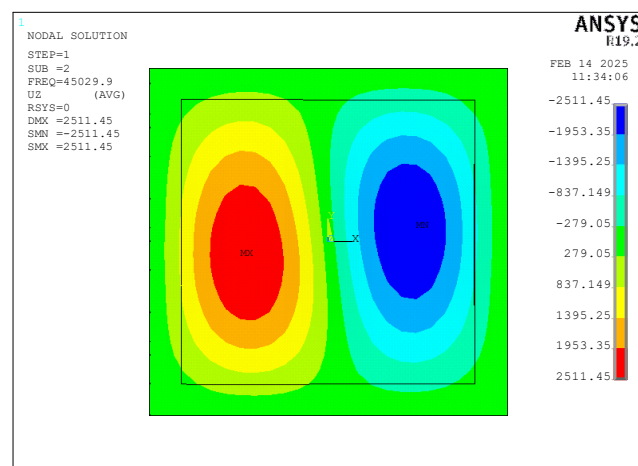
Hình 6. Chuyển vị của tâm màng dao động với các mức điện áp khác nhau

Tần số cộng hưởng của màng dao động là một trong các thông số quan trọng trong thiết kế vi bơm, hiệu suất của vi bơm lớn nhất khi tần số của điện áp kích thích đạt giá trị tần số cộng hưởng bậc 1. Đối với vi bơm đề xuất, tần số cộng hưởng các bậc của màng dao động như sau: Bậc 1, 20,557Hz; Bậc 2, 45,030Hz; Bậc 3, 40,030Hz; Bậc 4, 67,565Hz; Bậc 5, 84,711Hz; Bậc 6, 85,524Hz (hình 7). Khi

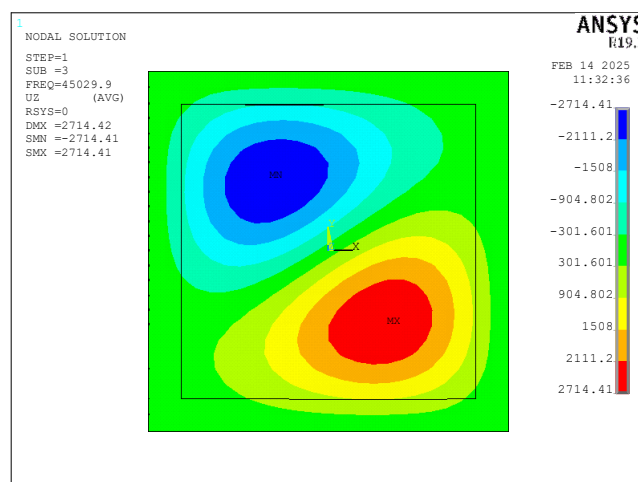
tần số của điện áp điều khiển lớn hơn tần số bậc 1, thì chuyển vị của màng khá phức tạp, một phần của màng chuyển động lên phía trên, một phần chuyển động hướng xuống phía dưới, điều này dẫn đến thể tích luân chuyển trong một chu kỳ giảm.



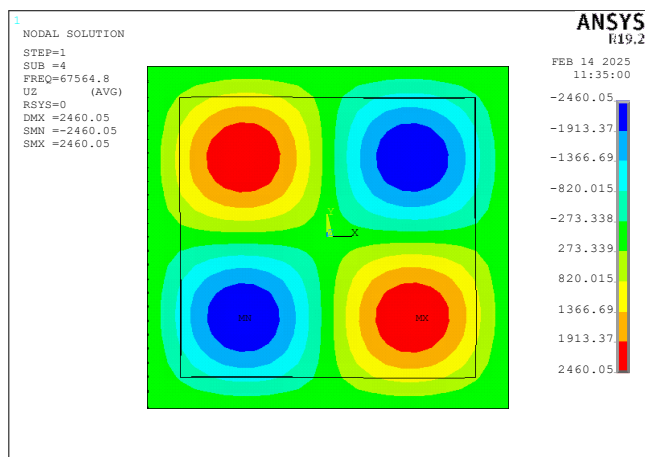
(a) Bậc 1



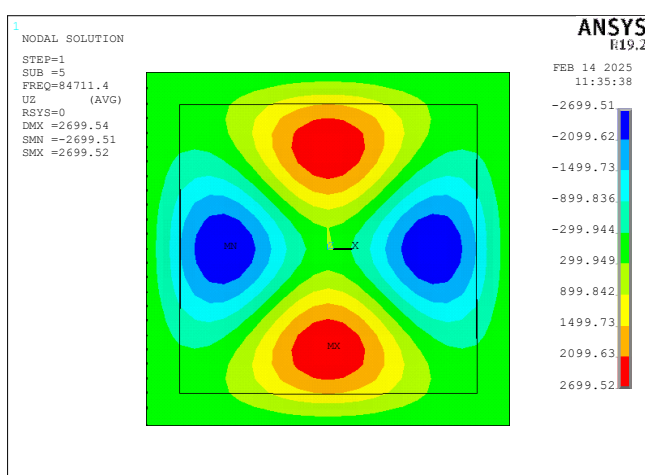
(b) Bậc 2



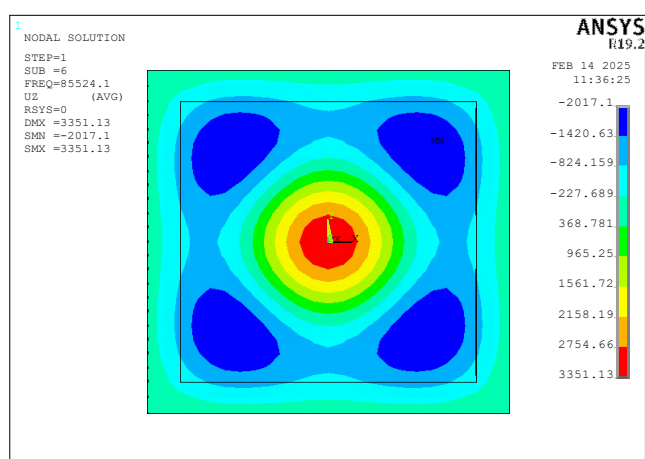
(c) Bậc 3



d) Bậc 4



e) Bậc 5



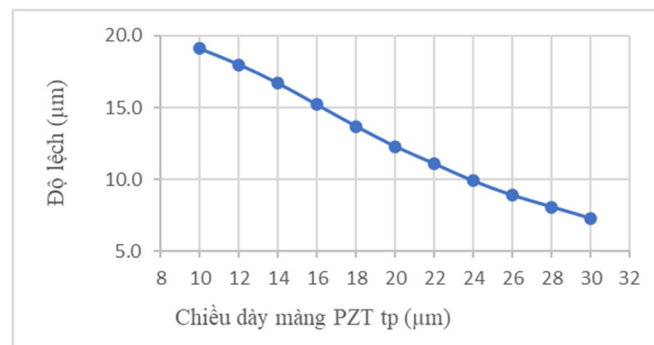
f) Bậc 6

Hình 7. Các bậc từ 1 đến 6 của tần số cộng hưởng

3.3. Chuyển vị của màng dao động khi thay đổi độ dày màng áp điện

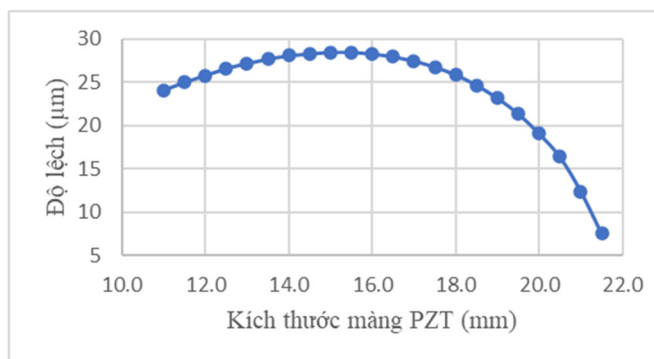
Các đặc tính của màng áp điện có thể ảnh hưởng đến hiệu suất làm việc của vi bơm. Trong phần này đánh giá

sự chuyển vị của màng dao động theo độ dày của màng áp điện với cùng một điện áp kích thích và kích thước của màng silicon. Khi độ dày của lớp màng áp điện tăng 10μm đến 30μm thì độ dịch chuyển của màng dao động sẽ giảm đi. Sự chuyển vị của điểm giữa của màng dao động, khi thay đổi độ dày của màng áp điện được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Độ lệch điểm giữa của màng với các độ dày khác nhau của màng áp điện

Hình 9 chỉ ra mối quan hệ giữa độ lệch của tâm màng, khi thay đổi kích thước của màng áp điện với cùng một khi điện áp kích thích 50V và kích thước của màng silicon 2,2mm. Khi kích thước theo chiều dài và chiều rộng của màng áp điện giảm từ giá trị 21mm xuống 11mm, ban đầu độ lệch của tâm màng tăng. Độ lệch lớn nhất đạt 28,5μm tương ứng với kích thước màng áp điện 15,5mm. Nếu tiếp tục giảm màng áp điện xuống thì độ lệch của tâm màng giảm theo.



Hình 9. Chuyển vị của màng khi thay đổi kích thước màng áp điện

4. KẾT LUẬN

Vi bơm sử dụng cơ cấu truyền động áp điện đã được nghiên cứu rộng rãi vì nó có cấu trúc đơn giản và đáp ứng nhanh. Trong bài báo này, các tính chất cơ học của màng áp điện đã được phân tích bằng phương pháp phần tử hữu hạn dựa trên phần mềm Ansys. Khi màng áp điện được kích thích bởi một điện áp nhất định, màng áp điện sẽ co lại hoặc giãn ra điều này gây ra sự chuyển động của màng silicon. Sự chuyển vị lớn nhất nằm ở vị trí chính giữa

của màng dao động và độ lớn của chuyển vị phụ thuộc vào điện áp đầu vào và kích thước của màng áp điện. Mô phỏng chỉ ra rằng hoạt động của màng dao động của vi bơm sẽ được điều khiển bởi điện áp kích thích và các đặc tính của màng áp điện, đồng thời sự dịch chuyển của màng dao động sẽ tăng lên khi tăng điện áp kích thích. Hơn nữa, khi độ dày của màng áp điện tăng lên thì độ dịch chuyển của màng dao động sẽ giảm.

Khi áp dụng vi bơm để điều khiển chính xác lưu lượng dòng lưu chất, tốc độ dòng chảy là thông số chính và nó có thể được kiểm soát bằng chế độ kích hoạt của màng ngăn. Như đã phân tích ở trên, điện áp kích thích cao hơn có thể gây ra nhiều dịch chuyển cho màng dao động và nhiều chất lỏng sẽ chảy qua vi bơm. Vì vậy, tốc độ dòng chảy có thể được điều chỉnh bằng cách tăng hoặc giảm điện áp đầu vào. Tần số của nguồn điện kích thích cũng có thể ảnh hưởng đến hiệu suất của vi bơm, để đạt được hiệu suất cao thì tần số điện áp kích thích phải nhỏ hơn tần số tự nhiên bậc 1 của màng dao động.

Hướng tiếp theo của bài báo là xây dựng các thuật toán điều khiển cho vi bơm nhằm đạt hiệu suất lớn nhất.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội thông qua đề tài mã số 01-2023-RD/HĐ-ĐHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Li H., Liu J., Li K., Liu Y., "A review of recent studies on piezoelectric pumps and their applications," *Mechanical Systems and Signal Processing*, 151, 107393, 2021.
- [2]. D J Laser, J G Santiago, "A review of micropumps," *J Micromech*, 14, 6, 2004.
- [3]. S. Singh, N. Kumar, D. George, A.K. Sen, "Analytical modeling, simulations and experimental studies of a PZT actuated planar valveless PDMS micropump," *Sens Actuator A Phys*, 225, 2015.
- [4]. X.Y. Wang, Y.T. Ma, G.Y. Yan, D. Huang, Z.H. Feng, "High flow-rate piezoelectric micropump with two fixed endspolydimethylsiloxane valves and compressible spaces," *Sens. Actuators A: Phys.*, 218, 94-104, 2014.
- [5]. S. Fournier, E. Chappel, "Modeling of a piezoelectric MEMS micropump dedicated to insulin delivery and experimental validation using integrated pressure sensors: Application to partial occlusion management," *J. Sens*, 3719853, 2017.
- [6]. Dong Cao, Shijun Ji, Zhigang Yang, "Design and analysis of a wheel valve piezoelectric micropump with high performance," *Sensors and Actuators A: Physical*, 377, 115624, 2024.

[7]. Haiwang Li, Wenbin Wang, Tiantong Xu, Yi Huang, Weidong Fang, "High performance electromagnetic micropump with bio-inspired synchronous valves for integrated microfluidics," *Sensors and Actuators A: Physical*, 360, 114568, 2023.

[8]. He Chen, Xiaodan Miao, Hongguang Lu, Shihai Liu, Zhuoqing Yang, "High-Efficiency 3D-Printed Three-Chamber Electromagnetic Peristaltic Micropump," *Micromachines*, 14(2), 257, 2023. <https://doi.org/10.3390/mi14020257>

[9]. Youssef Kotb, Islam Elgamal, Mohamed Serry, "Shape Memory Alloy Capsule Micropump for Drug Delivery Applications," *Micromachines*, 12(5), 520, 2021. <https://doi.org/10.3390/mi12050520>

[10]. Sebastian Uhlig, Matthieu Gaudet Sergiu Lang, Klaus Schimmanz, Holger Conrad, Bert Kaiser, Harald Schenk, "Electrostatically Driven In-Plane Silicon Micropump for Modular Configuration," *Micromachines*, 9(4), 190, 2018. <https://doi.org/10.3390/mi9040190>

[11]. Ranjitsinha R. Gidde, Prashant M. Pawar, Vishal P. Dhamgaye, "Fully coupled modeling and design of a piezoelectric actuation based valveless micropump for drug delivery application," *Microsystem Technologies*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04535-8>

[12]. Dau VT, Dinh TX, Katsuhiko T, Susumu S, "A cross-junction channel valveless-micropump with PZT actuation," *Microsyst Technol*, 15(7):1039-1044, 2009.

[13]. Cazorla P-H, Fuchs O, Cochet M, et al, "A low voltage silicon micropump based on piezoelectric thin films," *Sens Actuators A*, 250:35-39, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.09.012>

[14]. Revathi S, Padmanabhan R, "Design and development of piezoelectric composite-based micropump," *J Microelectromech Syst*, 27:1105-1113, 2018. [Doi.org/10.1109/jmems.2018.2870949](https://doi.org/10.1109/jmems.2018.2870949).

[15]. X.Y. Wang, Y.T. Ma, G.Y. Yan, D. Huang, Z.H. Feng, "High flow-rate piezoelectric micropump with two fixed endspolydimethylsiloxane valves and compressible spaces," *Sens. Actuators A: Phys.*, 218, 94-104, 2014.

[16]. Meng Wang, Luntao Dong, Runyu Liu, Conghui Wang, Xiaodong Sun, Xinbo Li, Guojun Liu, Zhigang Yang, "A High-Performance piezoelectric micropump designed for precision delivery," *Mechanical Systems and Signal Processing*, 111457, 2024.

AUTHORS INFORMATION

**Vu Tuan Anh¹, Nguyen Anh Tu¹, Nguyen Huy Kien¹,
Bui Thanh Lam¹, Le Van Nghia¹, Trinh Quang Thong²,
Nguyen Quang Dich²**

¹Hanoi University of Industry, Vietnam

²Hanoi University of Science and Technology, Vietnam