

PHÁT TRIỂN CẢM BIẾN SIÊU ÂM ĐIỆN DUNG POLYME LÀM GIẢM TẦN SỐ CỘNG HƯỞNG TỰ NHIÊN

Bùi Gia Thịnh

Khoa Điện Cơ

Email: thinhbg@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 07/10/2019

Ngày PB đánh giá: 25/10/2019

Ngày duyệt đăng: 28/10/2019

TÓM TẮT: Mục đích của nghiên cứu này là làm giảm chiều cao của thành và độ dày của màng rung để giảm tần số cộng hưởng tự nhiên của cảm biến siêu âm điện dung. Do tần số cộng hưởng tự nhiên giảm, khoảng cách truyền sóng sẽ được cải thiện, làm giảm tiêu hao năng lượng và tăng hiệu suất truyền sóng. Cảm biến được thiết kế theo kiểu mảng 4x2, mỗi cảm biến thành phần có 16 màng dao động với chiều cao của thành bên là 1 μ m, màng dao động có đường kính và độ dày là 600 μ m và 3 μ m. Với thiết kế dạng mảng như vậy, cảm biến có thể tạo thành cảm biến bốn góc phân tư và được sử dụng để phát hiện vị trí ba chiều. Trong tương lai, cảm biến sẽ tiếp tục nghiên cứu sâu hơn để có thể ứng dụng trong hệ thống phát hiện 3D.

Từ khóa: cảm biến siêu âm điện dung, tần số cộng hưởng tự nhiên, phát hiện 3D.

DEVELOPMENT OF REDUCING NATURAL RESONANT FREQUENCY OF POLYMER - BASED CAPACITIVE ULTRASONIC TRANSDUCER

ABSTRACT: The purpose of this study is to reduce the height of the side wall and the thickness of the vibrating membrane to reduce the natural resonant frequency of the capacitive ultrasonic sensor. As the natural resonance frequency decreases, the transmission distance will be improved, reducing energy consumption and increasing transmission efficiency. The sensor is designed in a 4x2 array, each component has 16 membranes with a side wall height of 1 μ m, membrane with a diameter and thickness of 600 μ m and 3 μ m. With such an array design, the sensor can form a quadrant sensor and is used to detect three-dimensional position. In the future, the sensor will continue to further research to be applied in 3D detection system.

Keywords: capacitive ultrasonic transducer, natural resonant frequency, three-dimensional position detection.

1. GIỚI THIỆU

Sóng siêu âm được sử dụng khá rộng rãi trong các ứng dụng hiện đại ngày nay do sóng siêu âm có đặc tính vượt trội hơn sóng

ánh sáng cũng như sóng điện từ trong chất rắn và chất lỏng. Nếu mật độ càng cao thì độ dẫn càng cao nên thường được sử dụng trong phát hiện dưới nước, kiểm tra không phá hủy

chất rắn và thường được sử dụng trong các ứng dụng y tế.



Nguyên lý truyền sóng bằng thay đổi điện trường giữa hai điện cực làm cho màng phim rung và biến dạng, sau đó sử dụng tốc độ dao động cao để tạo ra sóng siêu âm. Ngược lại, do nhận được sóng siêu âm làm màng phim rung và bắt đầu dao động, tạo ra sự thay đổi điện dung giữa hai điện cực và tín hiệu thay đổi thông qua một mạch thích hợp để phân tích sóng siêu âm. So với cảm biến áp điện, cảm biến siêu âm điện dung có độ nhạy, tỷ lệ nhận tín hiệu và dải rộng tần số cao, đặc biệt không gây ra sự trùng trở kháng do các bộ phận truyền dẫn khác nhau.






Những năm 1990, nhóm Khuri-Yakub tại Đại học Stanford ở Hoa Kỳ [1] lần đầu tiên phát triển đầu dò siêu âm điện dung dựa trên công nghệ MEMS (Micro Electro Mechanical System), chứng minh rằng cảm biến siêu âm điện dung có thể đo trở kháng tương tự trong nước và không khí bằng cách không tiếp xúc. Năm 1996, Haller và cộng sự [2] lần đầu tiên sản xuất một đầu dò siêu âm điện dung có hiệu suất và tần số cao sử dụng quy trình công nghệ lớp đệm. Năm 2006, Chang [3] lần đầu tiên chế tạo thành công các tế bào đầu dò siêu âm sử dụng vật liệu polyme. Năm 2007, nhóm của Chen [4] đã đề xuất một giải pháp cải thiện ứng suất dư trên màng dao động bằng thay đổi thiết kế màng dao động để làm tăng độ nhạy. Năm 2008, Shu và cộng sự [5] đã sử dụng kỹ thuật

chuyên wafer và mạ vi mô để tạo ra đường kính màng và độ dày màng bằng cách lắng đọng hơi hóa học áp suất thấp để oxy hóa độ dày. Năm 2014, Nhóm nghiên cứu Y.Kuang làm tăng hiệu suất cao của cảm biến có thể đạt được có thể theo dõi trong thời gian thực [6]. Bằng cách thay đổi tần số cộng hưởng và biến đổi trở kháng điện, cảm biến siêu âm công suất cao có thể sử dụng trong phẫu thuật siêu âm tập trung và cắt lớp. Bài viết của Shengbo EbenLi [7] năm 2018 trình bày một cách tiếp cận hiệu quả về chi phí để theo dõi các vật thể chuyển động xung quanh các phương tiện sử dụng các cảm biến siêu âm được sắp xếp theo tuyến tính. Nghiên cứu cũng khuyến khích việc áp dụng các cảm biến siêu âm giảm chi phí môi trường hiệu quả và ứng dụng trong các hệ thống lái xe tự động. Năm 2019, nhóm của Morita [8] đề xuất tạo thành một môđun cấu trúc cảm biến siêu âm để phù hợp với các đối tượng đo có hình dạng và kích cỡ khác nhau. Các mô-đun được kết nối bằng giao tiếp nối tiếp với các đầu nối linh hoạt và có thể uốn cong.

Bằng cách thu thập tài liệu của những nhóm nghiên cứu trước đây cùng một số vấn đề mà lab đã nghiên cứu trước đó (trình bày như trong bảng 1), nghiên cứu này đã phát triển để cải thiện cảm biến siêu âm điện dung làm bằng polime. Tác giả đưa ra mục đích của nghiên cứu là giảm chiều cao của thành bên và độ dày của màng rung để cải thiện tần số cộng hưởng tự nhiên của cảm biến.

Bảng 1: Các loại cảm biến nghiên cứu và phát triển của Lab

	Năm	Sản phẩm	Thực hiện	Kiểm tra
Lớp đệm dựa trên Samarium	2005		1. Lớp đệm 2. Tấm nền silicon	Độ dộ của xung
Lớp đệm dựa trên Samarium	2008		1. Lớp đệm 2. Chất nền linh hoạt	Độ dộ của xung

Kết hợp chất nền silicon	2010		1. Công nghệ chế tạo dung cho silicon 2. Chất nền silicon	Độ dội của xung
Kết hợp chất nền silicon	2010		1. Công nghệ chế tạo dung cho silicon 2. Chất nền silicon	1. Độ dội của xung 2. Hiệu ứng Doppler
Kết hợp chất nền silicon	2012		1. Công nghệ cán 2. Chất nền silicon	1. Độ dội của xung 2. Đo đặc mảng 3. Đo tốc độ gió 4. Đo độ nhám
Kết hợp chất nền silicon	2013		1. Công nghệ cán 2. Chất nền silicon	1. Độ dội của xung 2. Điều chỉnh tốc độ và khoảng cách 3. Kiểm tra điều kiện làm việc khi thay đổi nguồn cấp AC và DC khác nhau 4. Kiểm tra thời gian làm việc
Kết hợp chất nền silicon	2014		1. Công nghệ cán 2. Chất nền silicon	1. Độ dội của xung 2. Điều chỉnh tốc độ và khoảng cách 3. Kiểm tra điều kiện làm việc khi thay đổi nguồn cấp AC và DC khác nhau 4. Kiểm tra thời gian làm việc 5. Phát hiện vị trí 3D

Trong nghiên cứu này có bốn bước triển khai chính, đó là thiết kế và phân tích các cảm biến siêu âm điện dung dựa trên chất liệu polyme cải tiến, so sánh các đặc tính cơ bản và đo lường, kiểm soát và đưa ra ứng dụng để phát hiện vị trí ba chiều. Ảnh hưởng độ cao của thành và độ dày màng rung khác nhau đối với tần số cộng hưởng tự nhiên được phân tích bằng phần mềm ANSYS.

2. THIẾT KẾ VÀ PHÂN TÍCH CẢM BIẾN SIÊU ÂM ĐIỆN DUNG DỰA TRÊN CHẤT LIỆU POLYME

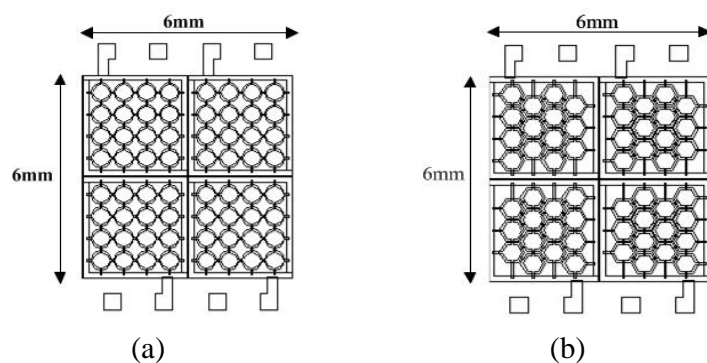
Để làm giảm ảnh hưởng của tần số dao động tự nhiên trước tiên kích thước hình học của cảm biến cần được xác định. Thứ hai, tần số cộng hưởng tự nhiên của cảm biến được lấy theo công thức và mô hình 3D của cảm biến được thiết lập. Cuối cùng, sử dụng phần mềm ANSYS để xác minh sự giảm hiệu quả của tần số cộng hưởng tự nhiên.

2.1. Kích thước hình học của cảm biến siêu âm điện dung

Cảm biến siêu âm điện dung được đề xuất trong nghiên cứu với hai dạng hình học.

Mẫu đề xuất thứ nhất gồm 96 màng dao động với đường kính tròn 600 μm , kích thước cảm biến là 3mm x 3mm và tần số cộng hưởng tự nhiên là 46kHz, như trong Hình 1(a). Mẫu 2 là cảm biến siêu âm hình lục giác mảng 2x2

có cùng kích thước của màng dao động và tần số cộng hưởng, nó bao gồm 84 màng dao động, kích thước cảm biến đơn là 3mm x 3mm, và tần số cộng hưởng tự nhiên của nó là 43kHz như trong Hình 1(b).



Hình 1. (a) cMUT màng dao động hình tròn, (b) cMUT màng dao động hình lục giác

2.1.1. Công thức tính tần số dao động tự nhiên của cảm biến siêu âm điện dung

Trong nghiên cứu này, công thức tần số cộng hưởng tự nhiên của Blevins [9] được áp dụng và tấm mỏng hình tròn được giả sử là màng dao động của cảm biến, như trong Công thức (1).

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi a^2} \left[\frac{Eh^3}{12\gamma(1-\nu^2)} \right]^{1/2}, \pi^2 = 9.869 \quad (1)$$

Trong đó, f tần số cộng hưởng tự nhiên (Hz), π là pi, a bán kính của tấm tròn (cm), γ khối lượng trên một đơn vị diện tích ($\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}^3$), ν hệ số Poisson, E mô đun Young

(mô đun hồi dạng kéo) của vật liệu (kg/cm^2), h độ dày của tấm (cm), η mật độ của vật liệu ($\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}^4$).

Công thức tần số tự nhiên Blevins được rút gọn, thể hiện trong Công thức (2).

$$f = \frac{\pi h}{2a^2} \left[\frac{E}{12\eta(1-\nu^2)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Nghiên cứu này sử dụng chất phát quang SU-8 2002, bởi vì chất phát quang này có ưu điểm của mô đun Young, kháng hóa chất và tỷ lệ khung hình cao. Do đó, chất phát quang âm SU-8 2002 được sử dụng ngoại trừ điện cực và chất nền. Các đặc điểm của nó được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Các tính chất vật liệu của chất quang dẫn SU-8 2002

Mô đun đàn hồi dạng kéo (E)	Mật độ khối (η)	Tỷ lệ Poisson (ν)
$4.48 \times 10^4 \text{ Kg}/\text{cm}^2$	$1.43 \times 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}^4$	0.22

Với: $a = 300 \times 10^{-4}(\text{cm})$; $h = 3 \times 10^{-4}(\text{cm})$; $E = 4.48 \times 10^4(\text{kg}/\text{cm}^2)$; $\nu = 0.22$; $\pi = 3.14$; $\eta = 1.43 \times 10^{-6}(\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}^4)$; $\gamma = \eta \times h = 4.29 \times 10^{-10}(\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}^3)$.

Áp dụng công thức (2), ta có kết quả sau:

$$f = \frac{3.14 \times (3 \times 10^{-4})}{2(300 \times 10^{-4})^2} \left[\frac{4.48 \times 10^4}{12 \times (1.43 \times 10^{-6}) \times (1 - 0.22^2)} \right]^{1/2} = \frac{9.42 \times 10^{-4}}{1.8 \times 10^{-3}} \left[\frac{4.48 \times 10^4}{1.633 \times 10^{-5}} \right]^{1/2}$$

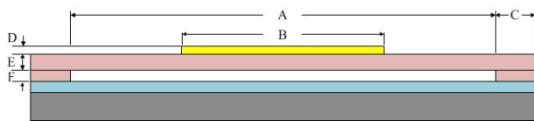
$$= 0.52 \times 52377.6 = 27.4 \text{ kHz}$$

2.1.2. Phân tích cảm biến siêu âm điện dung hình tròn bằng ANSYS

Phần mềm SolidWorks được dùng để tạo mô hình 3D của cảm biến, tần số cộng hưởng tự nhiên của phần tử được phân tích bằng phần mềm phần tử hữu hạn. Màng dao động cảm biến hình tròn và lục giác có đường kính 600μm, độ dày màng dao động 3μm và chiều cao thành bên là 1μm.

a. Mô hình tế bào cảm biến siêu âm điện dung

Cảm biến siêu âm điện dung được thiết kế hình tròn và hình lục giác, bao gồm thành bên, một màng dao động và một điện cực trên. Cấu trúc tổng thể được thể hiện trong Hình 2 và Bảng 3.



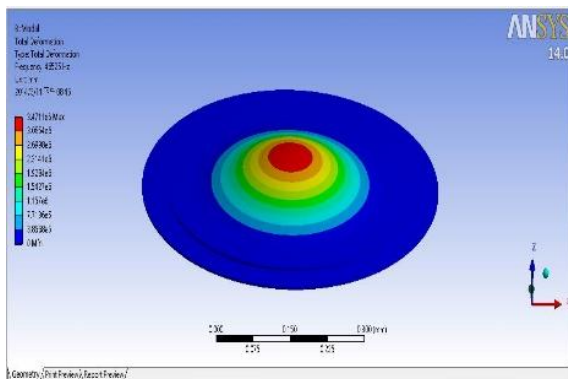
Hình 2. Cấu trúc mặt cắt của cảm biến siêu âm điện dung hình tròn và hình lục giác.

Bảng 3. Kích thước hình học của cảm biến siêu âm điện dung

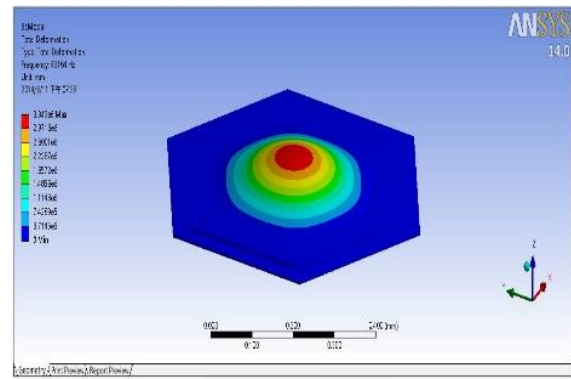
	Ký hiệu	Kích thước (μm)
Đường kính màng rung	A	600
Đường kính điện cực trên	B	480
Chiều rộng thành bên	C	70
Độ dày điện cực	D	0.05
Độ dày màng	E	3
Chiều cao thành bên	F	1

b. Phân tích tần số cộng hưởng tự nhiên của màng dao động hình tròn

Phân tích phần tử hữu hạn được thực hiện trên mô hình cảm biến hình tròn và hình lục giác, với kích thước hình học như trong Bảng 3. Kết quả phân tích cho thấy tần số cộng hưởng tự nhiên sử dụng phần mềm hữu hạn là 46kHz với hình tròn và 43kHz với hình lục giác.



(a)



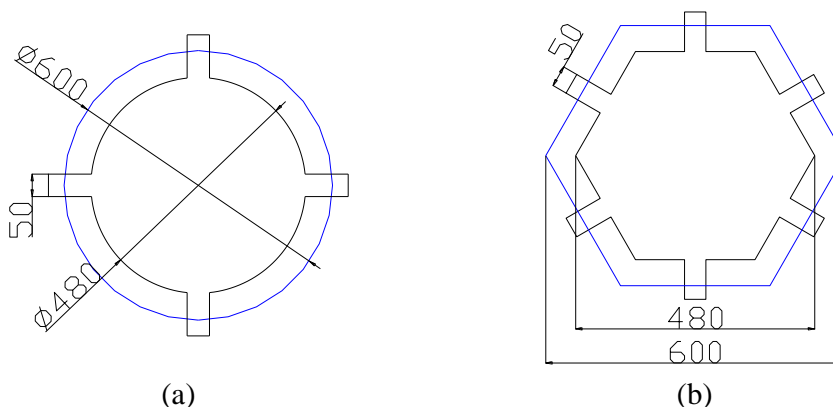
(b)

Hình 3. Kết quả phân tích màng dao động hình tròn có độ dày 3μm.

2.2. Biến siêu âm điện dung

Cảm biến siêu âm điện dung hình tròn và hình lục giác được thiết kế có kích thước 3mm × 3mm, trong đó hình tròn gồm 16 màng dao động và hình lục giác gồm 14 màng dao động. Độ dày của màng dao động là 3μm, chiều cao

của thành là 1μm và chiều rộng của thành là 10μm. Điện cực dưới và điện cực trên có độ dày là 50nm và chiều rộng dây nối điện cực là 50μm. Kích thước của cảm biến siêu âm điện dung hình tròn và hình lục giác được hiển thị trong Hình 4 và Bảng 4.

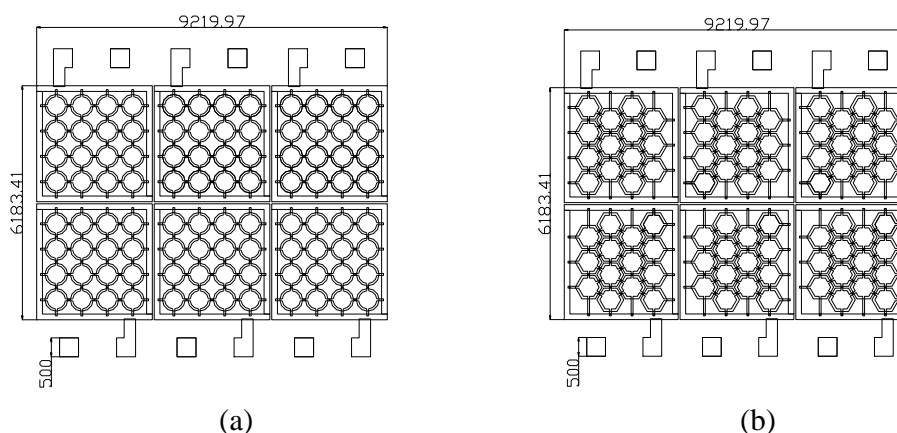


Hình 4. Kích thước cảm biến siêu âm điện dung.

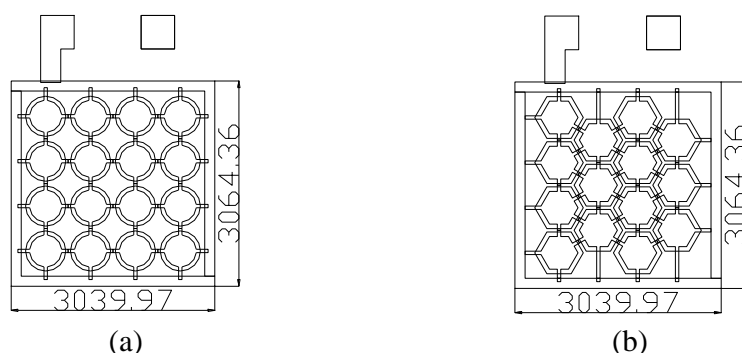
Bảng 4. Kích thước hình học của cảm biến siêu âm điện dung hình tròn và hình lục giác

	Kích thước (μm)		Kích thước (μm)
Đường kính màng rung	600	Đường kính điện cực trên	480
Độ dày màng rung	3	Độ dày điện cực trên	0.05
Chiều rộng thành bên	70	Chiều cao thành bên	1

Cảm biến siêu âm điện dung thiết kế là một mảng 2×3 với mỗi thành phần có kích thước 3mm × 3mm và khoảng cách giữa các thành phần là 0,1mm. Thiết kế mặt lưới của cảm biến mảng 2×3 hình tròn và hình lục giác được thể hiện trong Hình 5, thiết kế thành phần đơn được hiển thị trong Hình 6.



Hình 5. Thiết kế của cảm biến mảng 2×3, (a) hình tròn, (b) hình lục giác.



Hình 6. Thiết kế thành phần đơn của cảm biến, (a) hình tròn, (b) hình lục giác.

3. ĐO LƯỜNG ĐẶC TRƯNG CỦA CẢM BIẾN SIÊU ÂM ĐIỆN DUNG

Sau khi hoàn thành cảm biến siêu âm điện dung, các phép đo bề mặt và kích thước được thực hiện với kính hiển vi quang học (Optical Microscope, OM) và kính hiển vi điện tử (Scanning Electron Microscope, SEM) để xác nhận xem hình học của cảm biến có phù hợp với thiết kế hay không. Sau đó điện áp DC và điện áp xoay chiều được áp dụng cho cảm biến để kiểm tra điều kiện hoạt động tốt nhất như điện áp, thời gian truyền, độ nhạy, đáp ứng tần số và tuổi thọ.

3.1. Thiết bị đo cho cảm biến siêu âm điện dung

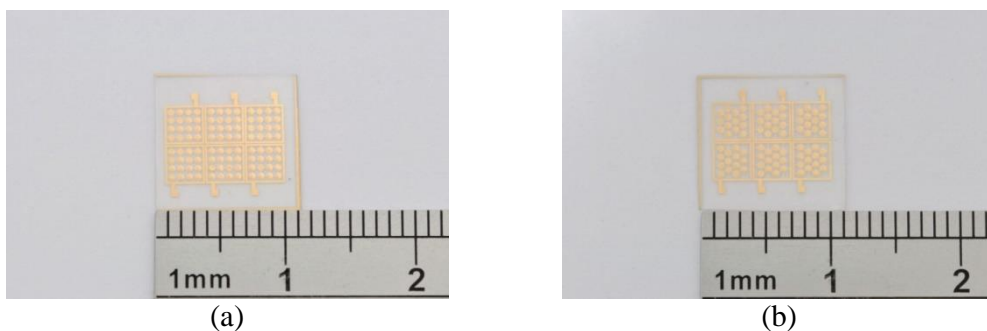
Các phép đo đặc tính của cảm biến siêu âm điện dung được thực hiện bằng các thiết bị hiển thị như trong Bảng 5

Bảng 5. Tên thiết bị thí nghiệm cảm biến siêu âm điện dung.

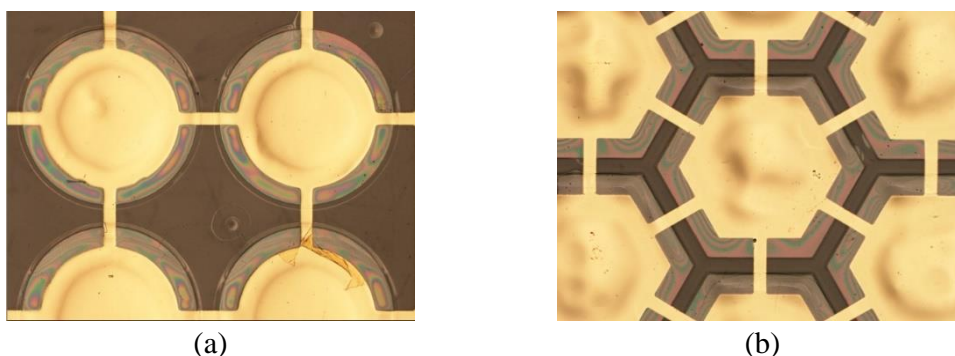
Tên thiết bị	Mẫu	Sử dụng
Bộ nguồn DC	Agilent Technologies N5751A DC Power Supply	Sai lệch DC
Máy phát xung tín hiệu	JSR DPR300 Pulse/Receiver	Tín hiệu xung AC
Máy đo dao động	National Instruments PXI-5105	Thu nhận tín hiệu
Bộ ghép kênh	National Instruments PXI-2627	Chuyển đổi công tắc của cảm biến

3.2. Kích thước của cảm biến siêu âm điện dung

Nghiên cứu này đã hoàn thành cảm biến siêu âm điện dung với hình tròn và lục giác như trong Hình 7. Tổng cộng có sáu cảm biến siêu âm điện dung thành phần. Sử dụng kính hiển vi quang học để xem kích thước cơ học bề mặt của đầu dò điện dung như trong Hình 8.

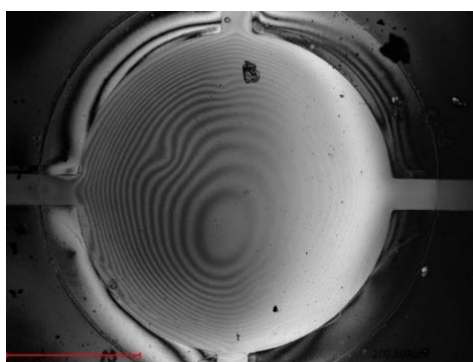


Hình 7. Hình ảnh thực tế cảm biến siêu âm, (a) hình tròn, (b) hình lục giác.



Hình 8. Ảnh cảm biến chụp bằng kính hiển vi quang học, (a) hình tròn, (b) hình lục giác.

Cảm biến siêu âm điện dung được đặt dưới kính hiển vi điện tử (Scanning Electron Microscope) SEM để quan sát tình trạng bề mặt, kích thước tổng thể của cảm biến và độ dày của màng dao động, như trong Hình 9.

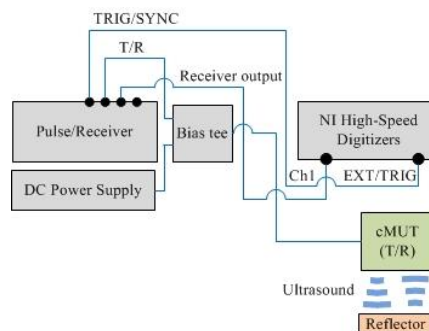


Hình 9. Ảnh tế bào cảm biến chụp bằng kính hiển vi điện tử.

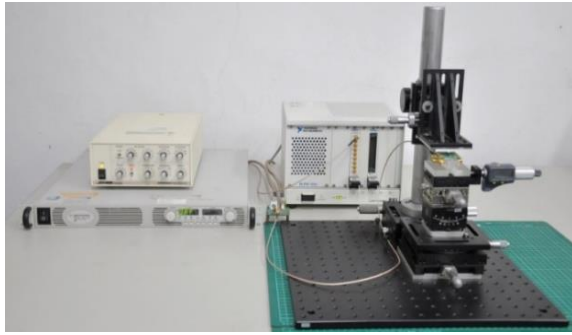
3.3. Thí nghiệm phát xung trong không khí

Sơ đồ thí nghiệm kiểm tra thu phát sóng của cảm biến siêu âm điện dung được

thể hiện trong Hình 10 và Hình 11. Nguyên lý hoạt động của cảm biến siêu âm là sự biến đổi điện trường của các điện cực trên và dưới, biến đổi biên độ màng rung để tạo ra sóng siêu âm. Nguyên lý của sóng âm dội lại là năng lượng rung được nhận sau khi sóng phản xạ, bộ màng bị rung và biến dạng, điện dung giữa hai điện cực bị thay đổi do sự thay đổi của khoảng cách và tín hiệu siêu âm được thu thập thông qua một mạch thích hợp để giải quyết tín hiệu siêu âm.

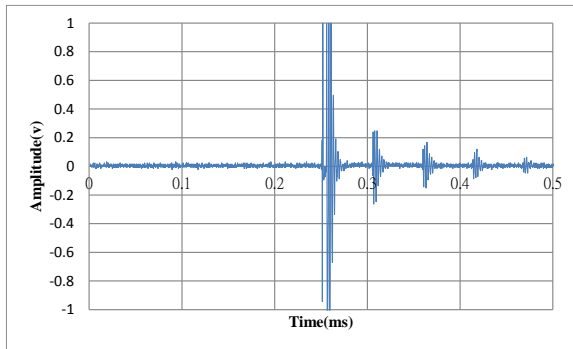


Hình 10. Sơ đồ thí nghiệm thu phát xung trong không khí.



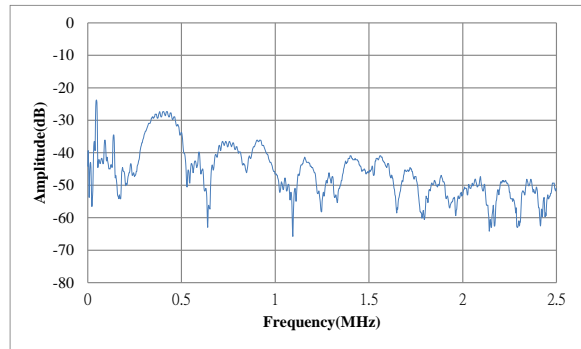
Hình 11. Hình ảnh bộ thí nghiệm thu phát xung trong không khí.

Trong thí nghiệm các đặc tính cơ bản của cảm biến siêu âm điện dung, điện



(a)

áp DC được sử dụng là 100V và điện áp xoay chiều là 300V. Khoảng cách từ cảm biến tới đối tượng là 10mm. Hình 12 cho thấy hiện tượng dội lại của xung trong không khí. Đáp ứng thời gian và đáp ứng miền tần số, tín hiệu xung đầu tiên là tín hiệu được tạo ra bởi sự kích thích của chính bộ chuyển đổi, và tín hiệu xung thứ hai và tiếp theo là tín hiệu sóng phản xạ nhận được từ cảm biến. Đáp ứng miền thời gian là 220 mV và tần số cộng hưởng tự nhiên là 380 kHz.



(b)

Hình 12. Đáp ứng của xung trong không khí, (a) miền thời gian, (b) miền tần số.

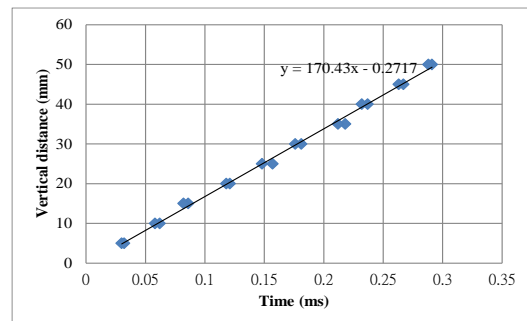
3.4. Hiệu chỉnh tốc độ và khoảng cách

Trong thử nghiệm, vị trí thẳng đứng được sử dụng xác nhận tốc độ truyền và độ chính xác đo khoảng cách dọc của sóng siêu âm trong không khí. Vì cMUT là loại tự thu-phát, nên chênh lệch thời gian Δt của sóng truyền-nhận và tốc độ truyền v của sóng trong không khí có thể được sử dụng để đạt được khoảng cách d giữa cảm biến và vật phản xạ, như trong phương trình (3).

$$d = \frac{v \times \Delta t}{2} \quad (3)$$

Cảm biến có thể đo khoảng cách dọc từ 5mm đến 50mm. Nếu khoảng cách dọc quá gần, sóng phản xạ hòa lẫn với sóng chính, khiến nó không thể phân biệt được, nếu

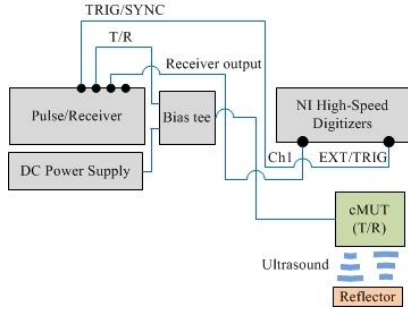
khoảng cách dọc quá xa, tín hiệu phản xạ nhỏ, không đủ năng lượng phản xạ. Hình 13 thể hiện quan hệ khoảng cách và thời gian bay. Vận tốc của sóng siêu âm đo được trong không khí là 342,8 m/s và sai số tuyến tính là 0,2 mm. Điều này tương tự với tốc độ âm 340 m/s ở nhiệt độ phòng 25°C.



Hình 13. Mối quan hệ giữa khoảng cách dọc và thời gian.

3.5. Kiểm tra điện áp làm việc khác nhau

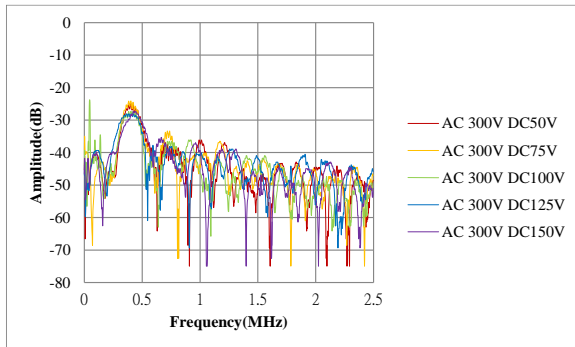
Đầu tiên, điện áp xoay chiều cố định ở mức 300V và điện áp DC tăng từ 0V đến 200V. Thứ hai, điện áp DC cố định là 100V và điện áp AC được tăng từ 100V



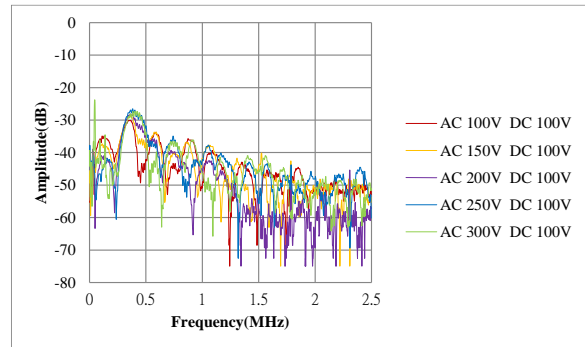
Hình 14. Sơ đồ thí nghiệm thay đổi điện áp khác nhau.

lên 300V để trích xuất tín hiệu miền tần số sóng phản xạ, thử nghiệm bố trí trong Hình 14.

Từ Hình 15 có thể thấy rằng nếu DC ở 200V, biên độ tín hiệu giảm so với 100V vì màng dao động chậm đậy; nếu DC ở 150V, biên độ lớn hơn so với 100V, nhưng điện áp cao sẽ làm tăng sự dịch chuyển của dao động và điện cực có ra tiếp xúc và đoản mạch, dẫn đến cháy cảm biến. Do đó độ lệch điện áp DC 100V và xoay chiều 300V được chọn làm điện áp hoạt động.



(a)



(b)

Hình 15. Kết quả đo thực nghiệm, (a) AC cố định, thay đổi DC, (b) DC cố định, thay đổi AC.

4. KẾT LUẬN

Cảm biến sóng siêu âm được thiết kế với màng rung hình tròn và được phân tích bằng phần mềm ANSYS. Nghiên cứu này đã cải thiện thành công chiều cao thành bên và độ dày màng rung của cảm biến siêu âm điện dung, giảm tần số cộng hưởng tự nhiên ban đầu từ 900 kHz xuống 380 kHz, nhưng nó khác với giá trị phân tích lý thuyết là 46 kHz, có thể bị ảnh hưởng bởi khoang cộng hưởng kín. Trong trường hợp không đủ năng lượng

tạo dao động, lượng biến dạng của màng bị giới hạn, do đó tần số cộng hưởng không thể giảm.

Trong thời gian tới bằng cách sử dụng phần mềm khác nhau để phân tích và xác định chiều cao thành bên của cảm biến siêu âm điện dung, mối quan hệ giữa độ dày màng rung và tần số cộng hưởng tự nhiên, liên tục cải tiến các thông số thiết kế và quy trình chế tạo cảm biến siêu âm điện dung để cải thiện năng suất và độ bền. Ngoài ra, sẽ đi sâu vào việc sử dụng các mục tiêu và quỹ đạo đường

đi khác nhau để phát hiện vị trí 3D và phát triển hệ thống phát hiện vị trí 3D.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lee, Y. J., C. H., Khuri-Yakub, B. T., & Saraswat, K. C (1990), "Non-invasive process temperature monitoring using laser-acoustic techniques." Digest of Technical Papers, Symposium on VLSI Technology.
2. Haller, Matthew I., and Butrus T. Khuri-Yakub (1996) "A surface micromachined electrostatic ultrasonic air transducer." IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control 43.1 (1996): 1-6.
3. M. W. Chang, M. T. Deng, J. T. Gwo, J. D. Mai, and E. Hsu (2006), "Polymer-based capacitive micromachined ultrasonic transducers (CMUT) for micro surgical imaging applications," IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, pp.61-65, Jan. 2006.
4. Chen, Jingkuang (2007), et al. "A monolithic three-dimensional ultrasonic transducer array for medical imaging." Journal of Microelectromechanical Systems 16.5 (2007): 1015-1024.
5. Shu, Qiong (2008), et al. "Wafer bonding with intermediate parylene layer." 2008 9th International Conference on Solid-State and Integrated-Circuit Technology. IEEE, 2008.
6. Y.Kuang, Y.Jin, S.Cochran, Z.Huang (2014), "Resonance tracking and vibration stabilization for high power ultrasonic transducers," Ultrasonics, Vol 4, Iss 1, pp. 187-194, Jan. 2014.
7. Shengbo EbenLi, GuofaLi, JiayingYu, ChangLiu, BoCheng, JianqiangWang, KeqiangLi (2018), "Kalman filter-based tracking of moving objects using linear ultrasonic sensor array for road vehicles," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 98, 1 Jan. 2018, pp. 173-189.
8. Yuichi Morita, Sota Kono, Akira Yamawaki (2019), "Proposal of an ultrasonic sensor array with flexible and scalable organization," Artificial Life and Robotics, Vol. 24, Iss. 2, pp 189–194, June 2019.
9. R. D. Belevins (2015), "Formulas for natural frequency and mode shape," John Wiley & Sons.

TỔNG MỤC LỤC 2019

TT	Tên bài, tác giả	Tr
I	SỐ 32(01/2019)	
1	<i>Phát triển đội tàu khách đường thủy nội địa</i> Nguyễn Hồng Phúc, Nguyễn Gia Thắng	4
2	<i>Giải pháp phát triển xuất khẩu của thành phố Hải Phòng trong giai đoạn đẩy mạnh hội nhập quốc tế</i> Nguyễn Thái Sơn, Nguyễn Đình Dũng	12
3	<i>Đánh giá sự hài lòng của khách hàng đối với chất lượng dịch vụ của Viện Khoa học An toàn Việt Nam</i> Hoàng Chí Cương, Lê Thủy Tiên	26
4	<i>Vận dụng chuẩn mực kế toán, kiểm toán khi xem xét các khoản nợ tiềm tàng và sự kiện phát sinh sau ngày kết thúc kỳ kế toán trong kiểm toán báo cáo tài chính</i> Đào Minh Hằng	39
5	<i>Phân chia đoạn để tổ chức hoàn thiện phần bên trong nhà chung cư cao tầng theo phương pháp dây chuyền</i> Nguyễn Đức Lợi, Nguyễn Quang Tuấn	50
6	<i>Xác định cường độ tính toán nâng cao của thanh thành móng tạo hình ngội theo tiêu chuẩn của Úc AS4600-2005</i> Đỗ Trọng Quang	56
7	<i>Tạo hình bề mặt chi tiết cơ khí bằng phần mềm KSCAN3D sử dụng cảm biến Microsoft Kinect V1</i> Bùi Văn Biên, Nguyễn Hữu Đình	62
8	<i>Ứng dụng phần mềm ANSYS 18.2 trong mô phỏng số quá trình uốn có gia nhiệt thép tấm SS400</i> Vương Gia Hải, Nguyễn Mạnh Hùng	69
9	<i>Xây dựng biến đổi mờ hóa ảnh cho ảnh đa kênh và ứng dụng nâng cao độ tương phản ảnh màu theo hướng tiếp cận trực tiếp</i> Nguyễn Văn Quyền, Phạm Đình Ninh	76
10	<i>Nghiên cứu chế tạo vật liệu TIO 2: S/CNT S</i> Vũ Thị Mai Phương	89
11	<i>Cải tiến bể lọc nước giếng khoan truyền thống để loại bỏ kim loại nặng trong nước sinh hoạt</i> Vũ Thành Công	94
12	<i>Một cách tiếp cận khác của phương pháp Gauss-Jordan trong đại số tuyến tính</i> La Văn Thịnh, Nguyễn Dương Toàn	99

II	MỤC LỤC TẠP CHÍ KHOA HỌC SỐ 33(3/2019)	
1	<i>Xây dựng hình ảnh nhà giáo theo tư tưởng Hồ Chí Minh</i> Vũ Thị Loan	3
2	<i>Ngôn ngữ đa sắc thái trong tiểu thuyết Việt Nam đương đại</i> Nguyễn Thị Ninh	11
3	<i>Đi tìm cảm quan đồng tính trong một số sáng tác văn xuôi Việt Nam trước Cách mạng từ lý thuyết lệch pha (queer theory)</i> Lê Thị Thủy	20
4	<i>Đề xuất giải pháp nhằm khai thác hiệu quả cụm di tích Nhà Mạc (Kiến Thụy) phục vụ phát triển du lịch Thành phố Hải Phòng</i> Võ Thị Thu Hà, Bùi Thị Hồng Thoa	28
5	<i>Xây dựng mô hình quản lý khai thác khu du lịch Đồ Sơn, Hải Phòng</i> Lê Thị Luyên, Trần Kim Yên	41
6	<i>Đề xuất xây dựng mô hình du lịch cộng đồng gắn với nghề muối và các di tích thờ Bà Chúa Muối ở Thái Thụy (Thái Bình)</i> Bùi Thúy Hằng, Nguyễn Thị Thúy Anh	49
7	<i>Vị trí trang trí trên bia đá ở Hải Phòng thế kỉ XVI đến thế kỉ XVIII</i> Trần Thúy Hào	64
8	<i>Mô hình phân loại sử dụng cây quyết định áp dụng cho hệ thống tuyển sinh của trường đại học</i> Đào Việt Anh	72
9	<i>Những giải pháp nhằm giáo dục truyền thống lịch sử, văn hóa địa phương cho học sinh phổ thông trên địa bàn Thành phố Hải Phòng</i> Nguyễn Thị Chiên	82
10	<i>Đặc thù bộ môn và vấn đề nâng cao hiệu quả của việc dạy, học Văn học dân gian trong trường đại học hiện nay</i> Đoàn Thị Ngọc Anh	89
11	<i>Thiết kế hoạt động trải nghiệm thực tế nhằm giúp học sinh lớp 5 trên địa bàn Thành phố Hải Phòng làm tốt bài văn tả cảnh đẹp quê hương</i> Nguyễn Thị Dung, Nguyễn Thị Việt Hoa	96
III	MỤC LỤC TẠP CHÍ KHOA HỌC SỐ 34(5/2019)	
1	<i>Tăng trưởng kinh tế ở Việt Nam: Vai trò của chính sách khuyến khích giáo dục</i> Nguyễn Thị Thúy Hồng	3
2	<i>Port governance: A general research and case study in Viet Nam</i> Hoàng Thị Lịch	12

3	<i>Các nhân tố ảnh hưởng tới sự hài lòng trong việc sử dụng thẻ ATM của sinh viên Trường Đại học Hải Phòng</i>	21
	Phan Thị Nghĩa Bình	
4	<i>Điều kiện, đặc điểm nghề cá của cộng đồng ngư dân khai thác hải sản xa bờ ở Vịnh Bắc Bộ</i>	31
	Phạm Thị Hiền, Tạ Thị Hạnh	
5	<i>Nghiên cứu thành phần hóa học của dây Gấm <i>Gnetum montanum</i> Markgr</i>	45
	Vũ Thị Lan Phương	
6	<i>Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến độc tính của sản phẩm cháy sinh ra trong quá trình đốt cháy vật liệu nhựa</i>	51
	Khúc Quang Trung, Đỗ Minh Thảo, Đặng Sỹ Lân	
7	<i>Ứng dụng cọc khoan nhồi đường kính nhỏ trong thi công tầng hầm các công trình xây chen ở những thành phố lớn</i>	58
	Nguyễn Thị Kim Thịnh	
8	<i>Nghiên cứu các sự cố thường gặp và giải pháp khắc phục khi thi công cọc ly tâm ứng suất trước</i>	68
	Trần Thị Phương Lan	
9	<i>Điều khiển tối ưu trực tuyến cho các hệ phi tuyến liên tục</i>	77
	Vũ Văn Tú, Vũ Thị Thu Hiền	
10	<i>Nghiên cứu ảnh hưởng của nám bề mặt tới chất lượng làm việc của ổ khí trong dẫn động chính xác</i>	88
	Tạ Thị Thúy Hương	
11	<i>Phương pháp tìm kiếm theo tia tìm phân tử chung của tập nghiệm bài toán bất đẳng thức biến phân và tập điểm bất động của ánh xạ không giãn</i>	95
	Đỗ Duy Thành, Trần Thị Hoàng Anh	
12	<i>Vấn đề duy nhất của hàm phân hình đối với 6 cặp điểm</i>	105
	Nguyễn Thị Thu Hằng	
IV MỤC LỤC TẠP CHÍ KHOA HỌC SỐ 35(7/2019)		
1	<i>Vai trò của tư duy biện chứng với hoạt động lãnh đạo của cán bộ chủ chốt cấp huyện</i>	3
	Huỳnh Thị Mỹ Nhung	
2	<i>Quá trình vận động của hợp tác kinh tế Việt Nam - LB Nga từ đối tác chiến lược lên đối tác chiến lược toàn diện</i>	11
	Vũ Thị Hồng Chuyên	
3	<i>Dạy học văn miêu tả con vật theo hướng phát triển năng lực tư duy sáng tạo cho học sinh lớp 4 Trường Tiểu học Thực hành - Đại học Hải Phòng</i>	23
	Nguyễn Thị Hiền, Trần Thị Hải Thu	
4	<i>Giảng dạy trực tuyến các bộ môn lý luận chính trị tại Trường Đại học hiện nay</i>	30
	Trịnh Quang Dũng, Đỗ Thị Ngọc Dương, Nguyễn Phương Anh	

5	<i>Nâng cao nhận thức và vai trò của cộng đồng cư dân nhằm bảo tồn, phát huy những giá trị văn hóa của đèn chôi (xã Thụy Trường, huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình)</i> Nguyễn Thị Thu Hương, Phạm Tuấn Huy	40
6	<i>Môi trường diễn xướng của hát chầu văn: tiếp cận và giải pháp bảo tồn tại Hải Phòng</i> Hoàng Thị Mỹ	50
7	<i>Một số biện pháp giáo dục sức khỏe sinh sản cho nữ sinh trung học phổ thông</i> Nguyễn Thị Quỳnh Phương, Phạm Thị Thu Thảo	59
8	<i>Hiệu quả của công tác tham vấn học đường hiện nay</i> Vũ Thị Hạnh	66
9	<i>Giải pháp phát triển du lịch ở làng chài Cửa Vạn, vịnh Hạ Long, Quảng Ninh sau hoạt động di dân lên bờ</i> Nguyễn Thị Thúy Anh, Bùi Thúy Hằng	75
10	<i>Đặc điểm phân loại dân dã côn trùng của người Việt ở cấp độ phân loại từ “họ” sang “giống” và “loài”</i> Dương Thị Mỹ Dung	85
11	<i>Applying information-gap activities to an EFL speaking class to improve students speaking participation - an action research on 1st year English majors at Haiphong University</i> Phan Thành Nam	93
12	<i>Hành trình kiếm tìm hạnh phúc của các nhân vật nữ qua một số truyện ngắn của O. Henry</i> Đỗ Thị Hằng	107
V	MỤC LỤC TẠP CHÍ KHOA HỌC SỐ 36(9/2019)	
1	<i>Chiến lược video marketing trực tuyến của các thương hiệu FMCG ở Việt Nam - Nghiên cứu điển hình về Vinamilk</i> Nguyễn Thái Sơn, Nguyễn Tú Phương	1
2	<i>Một số biện pháp hoàn thiện công tác quản lý và khai thác Cảng hàng không quốc tế Cát Bi</i> Phạm Quang Huy, Đỗ Minh Thụy	13
3	<i>Xu hướng kinh doanh theo mô hình kinh tế chia sẻ tại Việt Nam</i> Bùi Thị Bích Hằng	26
4	<i>Nghiên cứu tuyển chọn đàn bố mẹ, nuôi vỗ thành thực cá Bống tro (bathygobius fuscus, Ruppell 1830) tại Hải Phòng</i> Phạm Xuân Chính	36
5	<i>Nghiên cứu một số điều kiện kinh tế - xã hội cộng đồng ngư dân khai thác hải sản xa bờ ở Vịnh Bắc Bộ</i> Phạm Thị Hiền, Tạ Thị Hạnh	44

6	<i>Địa chất Hải Phòng và cơ sở số liệu trực tuyến phục vụ ngành xây dựng</i> Phạm Thị Loan, Bùi Trường Giang	53
7	<i>Dự đoán đường cong ứng suất - biến dạng cho quá trình kéo/nén vật liệu tấm SS400 bằng phương pháp phần tử hữu hạn</i> Vương Gia Hải, Nguyễn Mạnh Hùng	60
8	<i>Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy CNC mini 4 trục sử dụng chương trình mạch Mach 3</i> Đình Văn Hiến	65
9	<i>SPSS trong nghiên cứu khoa học giáo dục</i> Phạm Văn Trạo, Trần Đức Chiển	75
10	<i>Một thuật toán mới giải bài toán bất đẳng thức biến phân hai cấp</i> Hồ Phi Tứ	85
11	<i>Sự hội tụ của dãy lũy thừa ma trận vuông cấp 2</i> Vũ Tiến Đức	95
VI	MỤC LỤC TẠP CHÍ KHOA HỌC SỐ 37(11/2019)	
1	<i>Thư chúc mừng nhân dịp 60 năm truyền thống xây dựng và phát triển Trường Đại học Hải Phòng</i> Tổng Biên tập	3
2	<i>60 năm - Hành trình của một ngôi trường</i> Nguyễn Thị Hiến	4
3	<i>Phát triển Tạp chí khoa học Trường Đại học Hải Phòng đáp ứng yêu cầu về chất lượng - hiệu quả - hội nhập</i> Đào Văn Hiệp, Nguyễn Thị Thanh Nhân, Bùi Bá Khiêm, Vũ Thị Thu Huyền, Đỗ Thị Thái Linh	8
4	<i>Vai trò phục vụ cộng đồng của các trường đại học địa phương</i> Dương Đức Hùng	18
5	<i>Đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao chất lượng đào tạo nguồn nhân lực du lịch chất lượng cao ở Trường Đại học Hải Phòng đáp ứng nhu cầu xã hội</i> Võ Thị Thu Hà, Bùi Thị Hồng Thoa, Phạm Hương Giang	24
6	<i>Chính sách phát triển đội ngũ giảng viên các trường đại học công lập ở Việt Nam đáp ứng yêu cầu đổi mới giáo dục đại học</i> Nguyễn Thị Thu Thủy, Phương Hữu Từ	33
7	<i>Tiếp cận định hướng CDIO trong xây dựng chương trình đào tạo trọng điểm tại Khoa Công nghệ thông tin Trường Đại học Hải Phòng theo định hướng ứng dụng</i> Lê Đắc Như	41
8	<i>Hiệu quả chuyển giao tiến bộ khoa học trong thực hiện dự án khoa học công nghệ lĩnh vực nông nghiệp cấp huyện năm 2018 tại Hải Phòng</i> Trần Nam Trung, Lê Thị Bích Diệp	52

9	<i>Đa dạng hóa các hình thức dạy học ở các trường đại học, cao đẳng trong cách mạng công nghệ lần thứ tư</i>	65
	Trịnh Quang Dũng	
10	<i>Thực trạng rèn luyện tư duy phân biện của sinh viên Trường Đại học Hải Phòng</i>	75
	Nguyễn Thị Quỳnh Phương	
11	<i>Tích hợp “kỹ năng thế kỷ 21” vào hoạt động đánh giá các học phần chuyên ngành Ngôn ngữ cho sinh viên tiếng Anh tại Đại học Hải Phòng</i>	83
	Đình Minh Thu	
12	<i>Nâng cao chất lượng giảng dạy các môn Lý luận chính trị góp phần giáo dục đạo đức cho sinh viên ở Trường Đại học Hải Phòng hiện nay</i>	94
	Nguyễn Thị Xuân,	
13	<i>Nâng cao chất lượng đào tạo chuyên ngành Kế toán - Kiểm toán tại Trường Đại học Hải Phòng</i>	105
	Đào Minh Hằng	
14	<i>Một số kỹ thuật dạy học tích cực trong dạy học môn Toán ở trường trung học phổ thông</i>	115
	Đỗ Thị Hồng Minh, Nguyễn Thị Thanh Vân, Đỗ Duy Thành, Lê Thị Hà Đông,	
15	<i>Nâng cao vai trò ngành Kế toán theo chiến lược phát triển ngành trọng điểm của Trường Đại học Hải Phòng</i>	125
	Lương Khánh Chi, Nguyễn Thị My	
16	<i>Phát triển cảm biến siêu âm điện dung polyme làm giảm tần số cộng hưởng tự nhiên</i>	136
	Bùi Gia Thịnh	