

Nguyen Dai Hung, Le Hong Khiem,
Pham Van Hoi, Dinh Van Trung,
Do Hoang Tung, Pham Hong Minh



ADVANCES IN APPLIED AND ENGINEERING PHYSICS VIII

PROCEEDINGS

Nguyen Dai Hung, Le Hong Khiem,
Pham Van Hoi, Dinh Van Trung,
Do Hoang Tung, Pham Hong Minh

ADVANCES IN APPLIED AND ENGINEERING PHYSICS VIII - PROCEEDINGS

PUBLISHING HOUSE
FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISBN: 978-604-357-246-9



NOT FOR SALE



PUBLISHING HOUSE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

CONTENTS

NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO HỆ GÓM ÁP ĐIỆN MỀM ỨNG DỤNG TRONG CÁC ĐẦU DÒ THỦY ÂM	7
Đỗ Viết Ôn, Duyệt Thị Hoài Trang, Trương Văn Chương, Lê Trần Uyên Tú, Lê Phước Định, Võ Thanh Tùng.....	7
PHASE TRANSITION AND HYBRIDIZATION BETWEEN LOCALIZED AND DELOCALIZED PLASMONS IN VERY THIN SILVER FILMS.....	16
Julien Laverdant, Alice Berthelot, Ruben Mascart, Pham Thu Nga and Jean Michel Benoit	16
ASSESSMENT OF RICE WATER REQUIREMENT UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN AN GIANG PROVINCE USING THE CROPWAT 8.0 MODEL.....	24
Nguyen Duc Anh, Vo Luong Hong Phuoc	24
NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN TỐI ƯU CHIỀU DÀI SỢI HOẠT TÍNH Yb³⁺ TRONG CHẾ TẠO NGUỒN LASER SỢI QUANG CÔNG SUẤT CAO	34
Cao Khắc Thiện ¹ , Đỗ Việt Hoàng, Ngô Hải Long, Lê Văn Bình, Trần Triệu Hải, Bành Quốc Tuấn.....	34
FUSION METHODS OF MULTIPLE EMR RANKINGS IN CONTENT-BASED IMAGE RETRIEVAL	41
Tran Van Huy, Dao Van Tuyen, Ngo Hoang Huy, Pham Thi Kim Dzung, Hoang Van Quy, Le Dinh Nghiep, Bui Dinh Chien, Nguyen Van Quyen.....	41
ADVANCES IN REHABILITATION FOCUSED ON STRENGTH AND ENDURANCE TRAINING	52
The Thuong Nguyen, Nhat An Nguyen	52
SILICA TỬ TRÁU VỚI GIẢI PHÁP VÌ AN NINH LƯƠNG THỰC TOÀN CẦU VÀ CHƯƠNG TRÌNH HỢP TÁC QUỐC TẾ CTS ĐỂ CÙNG THÀNH CÔNG.....	61
Nguyễn Việt Hùng	61
MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU KHỬ KHUẨN VÀ BẢO QUẢN QUẢ LỘC THẠM SỬ DỤNG LẠI BẰNG KHÍ OZON	69
Trịnh Đình Trung, Trịnh Ngọc Diệu, Trần Văn Phú, Lưu Tiến Khiên, Nguyễn Xuân Thiêm, Cao Đức Chính	69
A COMBINATION OF NON-INVASIVE DIAGNOSTIC AND MEDICAL TRAINING DEVICES IN SPINAL REHABILITATION: PILOT STUDY	76
The Thuong Nguyen, Nhat An Nguyen, Thong Le Van.....	76

NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO HỆ GỒM ÁP ĐIỆN MỀM ỨNG DỤNG TRONG CÁC ĐẦU DÒ THỦY ÂM

Đỗ Việt Ôn*, Đặng Thị Hoài Trang, Trương Văn Chương, Lê Trần Uyên Tú,
Lê Phước Định, Võ Thanh Tùng**

Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

E-mail: *dovietonphysics@gmail.com

**vtung@hueuni.edu.vn

Tóm tắt. Vật liệu áp điện trên nền PZT được sử dụng rộng rãi trong các loại linh kiện áp điện khác nhau, chẳng hạn như đầu dò thủy âm, cảm biến áp suất, bộ truyền động áp điện và bộ lọc, bởi vì chúng sở hữu tính chất điện môi, sắt điện, áp điện tuyệt vời. Phương pháp giải mẫu được áp dụng để nghiên cứu vật liệu gốm áp điện thương mại trên phao thủy âm Difar và xây dựng thành công công thức gốm áp điện mềm trên nền PZT pha tạp hỗn hợp (Nb, Sb). Ảnh hưởng của tỉ lệ Zr/Ti tại thành phần biên pha đến tính chất của hệ gốm áp điện mềm PZT được nghiên cứu hệ thống: cấu trúc, vi cấu trúc của vật liệu được nghiên cứu từ kết quả phân tích nhiễu xạ tia X và kính hiển vi điện tử quét. Tính chất điện môi và áp điện của hệ gốm áp điện PZT mềm theo tỉ lệ Zr/Ti được khảo sát trên hệ đo RLC-Hioki 3532 và HP4193A. Thành phần tối ưu CH3 tương ứng tỉ lệ Zr/Ti = 52/48 có tính chất áp điện tốt hơn vật liệu đã được sử dụng trong phao thủy âm Difar, với hệ số áp điện $d_{31} = 518$ pC/N, hệ số liên kết điện cơ $k_p \sim 0.66$, hệ số phẩm chất cơ học $Q_m \sim 71$ và nhiệt độ chuyển pha Curie $T_c > 361$ °C. Vật liệu mới CH3 được ứng dụng để chế tạo thành công biến từ thủy âm kiểu Tompliz hoạt động ở tần số thấp.

Từ khóa: Gốm áp điện mềm, Đầu dò thủy âm, Biến từ Tompliz.

1. GIỚI THIỆU

Vật liệu áp điện trên nền PZT được sử dụng rộng rãi trong các loại linh kiện áp điện khác nhau, chẳng hạn như đầu dò thủy âm, cảm biến áp suất, bộ truyền động áp điện và bộ lọc, bởi vì chúng sở hữu tính chất điện môi, sắt điện, áp điện tuyệt vời [1, 2]. Các đầu dò siêu âm và cảm biến áp điện được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực quân sự và dân sự bao gồm công nghiệp máy bay, thiết bị y tế, thăm hiểm đại dương, thăm dò dầu khí và hệ thống an ninh. Trong đó, vật liệu gốm áp điện mềm trên cơ sở PZT đã thu hút nhiều sự chú ý do nhiệt độ Curie cao, đặc tính áp điện ổn định và trở thành chủ đề nghiên cứu nóng hiện nay [2].

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế được lựa chọn chủ trì đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp quốc gia “Nghiên cứu phát triển biến từ áp điện dùng để chế tạo các thiết bị siêu âm - thủy âm”, Mã số: ĐTDLCN.10/18. Mục tiêu của đề tài là nghiên cứu, chế tạo được gốm áp điện mềm trên cơ sở PZT có hệ số áp điện $d_{31} \geq 500$ pC/N, hệ số chuyển đổi điện cơ $k_p \sim 0.60$, hệ số phẩm chất cơ học $Q_m \sim 75$, nhiệt độ chuyển pha Curie $T_c \geq 350$ °C. Có thể nhận thấy rằng, các thông số của hệ vật liệu cần chế tạo này cao hơn tất cả các hệ vật liệu của các Hãng gốm điện tử nổi tiếng trên thế giới đã thương mại hóa như Morgan (Anh), Hãng Asapopa-3/IMA (Nga), Hãng PIC (Đức) [3-5]. Thậm chí các thông số này còn lớn hơn nhóm vật liệu đặc biệt mà Hãng Morgan chế tạo theo đơn đặt hàng của Bộ quốc phòng Mỹ. Như vậy, chế tạo được vật liệu vừa phải có T_c cao vừa phải có d_{31} lớn, rõ ràng là một bài

toán rất rất khó. Tuy nhiên, chúng ta hoàn toàn không có một công thức để chế tạo loại vật liệu áp điện này. Công thức thành phần của vật liệu là gì, các thông số của quy trình công nghệ chế tạo như thế nào là những bí mật riêng của hãng sản xuất. Các hãng chỉ đưa ra các thông số vật lý cơ bản của vật liệu để chào bán mà thôi. Hướng giải quyết của chúng tôi là tập trung nghiên cứu giải mã thành phần, công nghệ từ các vật liệu áp thương mại của một số Hãng trên thế giới. Bằng cách này, chúng ta mới nhanh chóng làm chủ được công thức và công nghệ chế tạo gốm áp điện tương đương với gốm thương mại. Từ đó, các vật liệu mới được sử dụng chế tạo thành các cảm biến áp điện và linh kiện điện tử ứng dụng vào các lĩnh vực cuộc sống mang ý nghĩa về nghiên cứu cơ bản và ứng dụng.

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả đã được thực hiện trong đề tài với nội dung giải mã vật liệu gốm áp điện được sử dụng trong phao thủy âm Difar và khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ Zr/Ti đến tính chất của hệ gốm áp điện mềm $Pb[(Zr, Ti_{1-x})_{1-y}Nb, Sb_z]O_3$. Đồng thời, chúng tôi đã chế tạo, nghiên cứu các tính chất của các biến từ thủy âm kiểu Tonlipz sử dụng vật liệu gốm áp điện mới.

II. THỰC NGHIỆM

2.1. Quy trình giải mã

Quy trình nghiên cứu giải mã gốm áp điện sử dụng trong phao thủy âm Difar gồm các bước sau:

Bước 1: Lựa chọn vật liệu nước ngoài cần nghiên cứu. Tiến hành xác định các thông số vật lý cơ bản như tính chất điện môi, sắt điện, áp điện của vật liệu. Phân tích cấu trúc, vi cấu trúc và thành phần vật liệu.

Bước 2: Phân tích các số liệu. Sử dụng các kiến thức tổng hợp đã biết về gốm áp điện, lựa chọn thành phần gốm và tạp chất hợp lý để thiết lập công thức chế tạo giả định tốt nhất.

Bước 3: Nghiên cứu chế tạo thử và khảo sát các tính chất điện môi, sắt điện, áp điện của gốm chế tạo được.

Bước 4: So sánh, đánh giá các tính chất gốm chế tạo theo công thức giả định. Điều chỉnh tỉ lệ Zr/Ti, nồng độ tạp, thông số công nghệ và đưa ra công thức chế tạo mới. Quá trình này được lặp lại cho đến khi chế tạo được vật liệu có tính chất đáp ứng yêu cầu đặt ra.

2.2. Thực nghiệm chế tạo gốm áp điện mềm

Hệ gốm được chế tạo theo phương pháp phản ứng pha rắn có công thức $Pb(Zr, Ti_{1-x})_{1-y-z}Nb, Sb_zO_3$ ($x = 0,54; 0,53; 0,52; 0,51; 0,50$; y và z được chọn sao cho tỷ lệ phần trăm của Nb và Sb gần trùng với kết quả phân tích huỳnh quang tia X). Chúng được ký hiệu CH1, CH2, CH3, CH4, CH5 tương ứng. Nguyên liệu ban đầu là các oxyt: PbO (99%), ZrO_2 (99%), TiO_2 (98%), Nb_2O_5 (99,9%) của hãng Daejung - Hàn Quốc và Sb_2O_3 (99,9%) của hãng Kanto - Nhật. Hỗn hợp sau khi nghiền trộn 12 giờ, được nung sơ bộ tại nhiệt độ 850 °C trong 2 giờ, sau đó nghiền 16 giờ, ép nguội thành những viên có đường kính 12 mm và thiêu kết tại nhiệt độ 1150 °C trong thời gian 2 giờ.

Mật độ gốm của các mẫu được xác định bằng phương pháp Archimedes. Cấu trúc của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (D8 ADVANCE). Các mẫu gốm được tạo điện cực bằng bạc và phân cực trong dầu silicon tại nhiệt độ 120 °C, điện trường 35 kV/cm trong 20 phút. Các phổ điện môi và phổ dao động cộng hưởng được đo từ các hệ đo tự động hóa RLC-HIOKI 3532. Hệ số d_{31} được đo trên thiết bị YE2730A d_{31} meter –Sinocera.

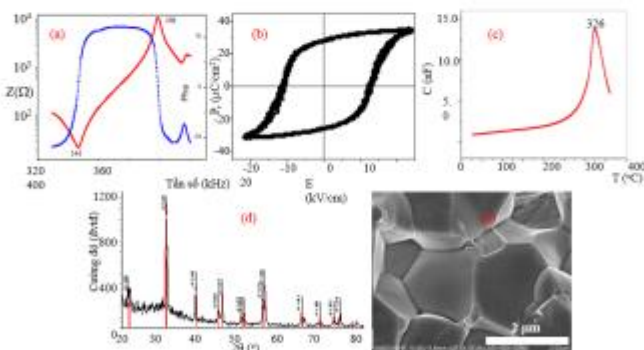
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả giải mã gốm áp điện trong phao thủy âm Difar

Trong nghiên cứu này, gốm ngoại được sử dụng là gốm áp điện trong phao thủy âm thu hồi được trong vụ đắm khoan Hải Dương – 981. Đây là loại phao thủy âm AN/SSQ-53F (DIFAR) sản phẩm hiện đại loại mới dùng thả từ máy bay, do Tập đoàn Under Sea Sensor Inc. (USSSI) – Mỹ chế tạo, hiện đang được sử dụng trong Hải quân NATO.



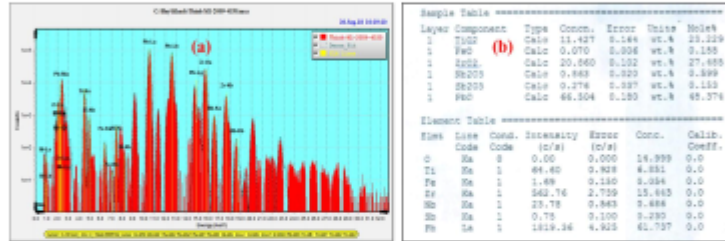
Hình 1. (a) Ảnh chụp nghiên cứu bộ phao thủy âm: (1) Anten phát, (2) Máy thu phát; (3,4,5) Các anten thu thủy âm, (b) Bộ phận ổn định hướng treo thả anten thu thủy âm và (b) Phao thủy âm Difar.



Hình 2. (a) Phổ dao động cộng hưởng theo phương bán kính, (b) Đường trễ sắt điện, (c) Điện dung theo nhiệt độ, (d) Phổ nhiễu xạ tia X và (e) Ảnh SEM của gốm DIFAR.

Phao thủy âm Difar gồm 4 biến từ áp điện. Cấu tạo của biến từ rất đơn giản gồm một đĩa gốm áp điện mỏng đường kính $d_1 = 12$ mm, chiều dày $t_1 = 0,2$ mm, được gắn lên một đĩa hợp kim $d_2 = 18$ mm, chiều dày $t_2 = 0,3$ mm bằng epoxy tại mép biên ngoài của đĩa gốm. Đây cũng chính là cấu tạo của biến từ sử dụng dao động uốn.

Chúng tôi tiến hành khảo sát một số tính chất của vật liệu gốm làm biến từ. Hình 2 là đường trở sắt điện và đặc tính chuyển pha của vật liệu gốm sử dụng trong DIFAR. Từ các kết quả nghiên cứu tính chất điện môi, sắt điện, cấu trúc, vi cấu trúc và phổ cộng hưởng áp điện (Hình 2) cho thấy, gốm DIFAR có giá trị $d_{33} = 500$ pC/N; $T_c = 325$ °C, $k_p = 0,56$, $E_c = 12,86$ kV/cm, $P_r = 28,10$ pC/N, $\epsilon^T_{33}/\epsilon_0 = 1700$ và $\rho = 7,80$ g/cm³. Vật liệu có cấu trúc tứ giác với thành phần $Pb(Zr_{0,52}Ti_{0,48})O_3$ - gần biên pha hình thái học. Có thể nhận xét rằng, gốm sử dụng trong phao DIFAR là khá đặc biệt, chúng vừa có hệ số áp điện d_{33} cao vừa có nhiệt độ chuyển pha T_c cao. Ngoài ra, trường điện kháng cũng cao bất thường, vì với vật liệu áp điện mềm giá trị này chỉ trong khoảng 3 kV/cm.



Hình 3. (a) Phổ phân tích huỳnh quang tia X và (b) Kết quả phân tích định lượng của gốm DIFAR.

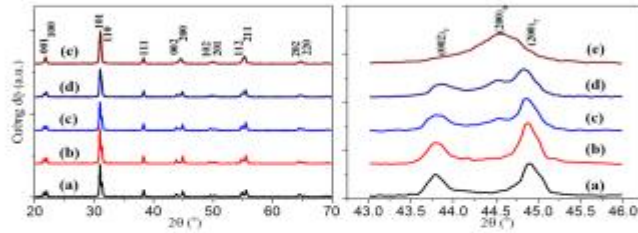
Chúng tôi tiến hành phân tích định lượng các nguyên tố có mặt trong vật liệu thông qua phổ Huỳnh quang tia X tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Tỷ lệ phần trăm của các nguyên tố có mặt trong gốm DIFAR là Pb (61,737%), Zr (15,443%), Ti (6,851%), O (14,999%), Nb (0,686%), Sb (0,230%) và Fe (0,054%). Từ kết quả phân tích cho thấy, gốm DIFAR là gốm PZT và có ít nhất 3 loại tạp là Nb, Sb và Fe (Hình 3).

Để đơn giản trong việc phân tích đưa ra các công thức giả định, vì nồng độ tạp Fe rất nhỏ nên tạm bỏ qua. Tạp Nb luôn có hóa trị 5 và do đó nó là tạp đồng khi thay vào vị trí của (Zr,Ti). Đối với tạp Sb, vấn đề sẽ khó khăn hơn vì nó có thể có hai hóa trị. Vậy Sb sẽ nằm ở đâu. Do bán kính ion của Sb³⁺ là 0,9 Å nên về mặt nguyên tắc nó sẽ nằm ở vị trí A, thay thế cho Pb²⁺ và trở thành tạp đồng. Với trường hợp là Sb⁵⁺ nó sẽ nằm ở vị trí (Zr, Ti), và cũng trở thành tạp đồng. Tuy nhiên, dù Sb nằm ở đâu thì nó cũng thể hiện là tạp mềm và do đó làm tăng hệ số áp điện d_{33} và làm giảm nhiệt độ chuyển pha T_c [6]. Chỉ có pha tạp hỗn hợp mới làm tăng cả d_{33} và nhiệt độ chuyển pha T_c . Với các lập luận nói trên, chúng tôi đề xuất một công thức giả định trong đó Nb⁵⁺ đóng vai trò tạp đồng thế vào vị trí (Zr,Ti) và Sb³⁺ là tạp axepito cũng thế vào vị trí này. Và như vậy (Nb⁵⁺- Sb³⁺) trở thành một cặp tạp hỗn hợp khi thay vào PZT. Công thức giả định là $Pb[(Zr,Ti)_{1-x}Nb_ySb_z]O_3$. Vì kết quả phân tích cấu trúc cho thấy về cơ bản nó trùng với cấu trúc PZT52/48, nên biến x chỉ chọn xung quanh giá trị này để nghiên cứu: 54/46,

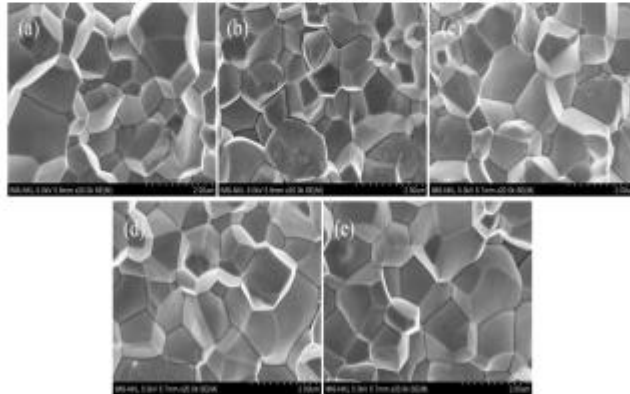
53/47, 52/48, 51/49, 50/50. Các giá trị y , z được xác định theo tỷ lệ phần trăm của Nb và Sb theo kết quả phân tích huỳnh quang tia X lần lượt là $y = 0,024$ mol và $z = 0,006$ mol.

3.2. Một số tính chất vật lý của gốm áp điện mềm $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)_{0.978}\text{Nb}_{0.024}\text{Sb}_{0.006}\text{O}_3$

Phổ nhiễu xạ tia X của các gốm áp điện mềm tương ứng với thành phần Zr/Ti khác nhau được thể hiện trên Hình 4. Kết quả cho thấy, tất cả các thành phần của gốm PZT mềm có cấu trúc Perovskite tinh khiết. Khảo sát góc 2θ trong khoảng $20-70^\circ$ cho thấy, các mẫu đều có cấu trúc tứ giác rất điển hình, với các vạch kép xuất hiện tại vị trí ứng với góc $2\theta \approx 22^\circ, 31^\circ, 45^\circ$ và vạch đơn tại $38,4^\circ$ (Hình 4(a)). Phân tích chi tiết $2\theta \approx 43-46^\circ$ cho thấy, các mẫu đều có sự tồn tại đồng thời hai pha tứ giác và mặt thoi tương ứng với sự quan sát thấy ba đỉnh $(002)_T$, $(200)_T$ và $(200)_R$. Trong đó, thành phần CH1 tương ứng tỉ lệ Zr/Ti = 54/46 có tỉ lệ pha mặt thoi chiếm ưu thế và có khuynh hướng chuyển dần sang pha tứ giác chiếm ưu thế ở các tỉ lệ Zr bé hơn (Hình 4b).



Hình 4. Phổ nhiễu xạ tia X của vật liệu gốm áp điện mềm CH với tỉ lệ Zr/Ti khác nhau (a) $x = 50/50$, (b) $x = 51/49$, (c) $x = 52/48$, (d) $x = 53/47$, (e) $x = 54/46$.



Hình 5. Ảnh SEM của vật liệu gốm áp điện mềm CH với tỉ lệ Zr/Ti khác nhau (a) $x = 50/50$, (b) $x = 51/49$, (c) $x = 52/48$, (d) $x = 53/47$, (e) $x = 54/46$.

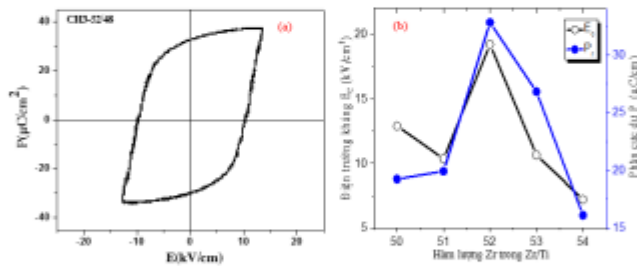
Vì cấu trúc và hình thái bề mặt của hệ gốm CH được nghiên cứu thông qua ảnh SEM ở Hình 5. Ảnh SEM cho thấy vật liệu gốm có hạt gốm khá đồng đều, biên hạt với kích thước hạt khoảng 1,60 - 1,84 μm .

Khối lượng riêng, hằng số điện môi tương đối và nhiệt độ chuyển pha của các vật liệu được trình bày ở Bảng 1. Có thể thấy rằng, khối lượng riêng của gốm tăng dần và đạt giá trị tốt nhất 7,86 g/cm^3 ứng với mẫu CH3 và sau đó giảm nhẹ. Hằng số điện môi tương đối của vật liệu trong khoảng từ 923 - 1776.

Bảng 1. Khối lượng riêng và hằng số điện môi của các vật liệu.

Mẫu	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
ρ (g/cm^3)	7,76	7,84	7,86	7,83	7,81
$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	923	1776	1609	1435	1169
T_C	354	358	361	370	371

Nhiệt độ chuyển pha T_C của vật liệu được xác định thông qua phép phân tích điện dung và góc pha theo nhiệt độ tại tần số 1 kHz. Nhiệt độ chuyển pha của vật liệu tăng với tỉ lệ Zr/Ti dịch chuyển về phía 50/50 trong khoảng 354-371 $^{\circ}\text{C}$, do các thành phần của vật liệu dịch chuyển về phía giàu Ti có nhiệt độ chuyển pha cao hơn.

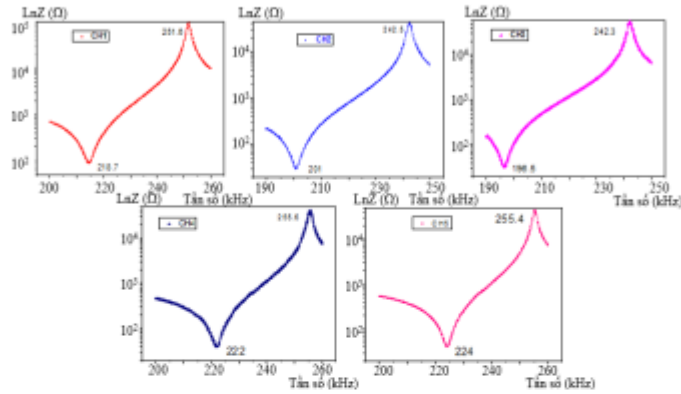


Hình 6. (a) Đường trễ sắt điện của thành phần gốm CH3 và (b) Điện trường kháng, phân cực dư theo hàm của tỉ lệ Zr/Ti.

Đường trễ sắt điện của vật liệu gốm áp điện mềm CH3 được trình bày ở Hình 6(a). Các giá trị điện trường kháng và phân cực dư của vật liệu thu được từ đường trễ sắt phụ thuộc theo tỉ lệ Zr/Ti được trình bày ở Hình 6(b). Có thể thấy rằng, hệ gốm có trường điện kháng E_c khá lớn trong khoảng 7,21 - 12,91 kV/cm và phân cực dư P_r trong khoảng 16,10 - 32,80 $\mu\text{C/cm}^2$. Giá trị phân cực dư lớn nhất 32,80 $\mu\text{C/cm}^2$ tại thành phần CH3, tương đương với gốm DIFAR.

Hình 7 cho thấy phổ cộng hưởng dao động theo phương bán kính của vật liệu gốm mềm CH. Dựa vào chuẩn áp điện, chúng tôi tính toán một số thông số áp điện cơ bản từ các tham số thu được từ phổ cộng hưởng và kết quả tính toán được trình bày ở Bảng 2. Kết quả cho thấy, hệ gốm có tính chất áp điện rất tốt. Khi tăng tỉ lệ Zr/Ti, hệ số liên kết điện cơ và hệ số áp điện của hệ vật liệu tăng dần và đạt giá trị lớn nhất ứng với tỉ lệ 52/48. Như vậy, hệ gốm PZT pha

cặp tạp phức (Nb^{5+} - Sb^{3+}) vào vị trí B như giả định có hệ số áp điện cao và nhiệt độ chuyển pha cao. Hai thành phần CH2 (53/47) và CH3 (52/48) có các tính chất áp điện và nhiệt độ chuyển pha cao hơn so với gốm DIFA và cao hơn so với yêu cầu chế tạo gốm mềm của Đề tài nhà nước: $d_{31} \geq 500$ pC/N, hệ số chuyển đổi điện cơ $k_p \sim 0,60$, hệ số phẩm chất cơ học $Q_m \sim 75$, nhiệt độ chuyển pha Curie $T_c \geq 350$ °C.



Hình 7. Phổ cộng hưởng theo phương bán kính của vật liệu gốm áp điện CH.

Bảng 2. Một số thông số áp điện cơ bản.

Mẫu	Hệ số liên kết điện cơ		Hệ số áp điện (pC/N)		Q_m
	k_p	k_{31}	d_{31}	d_{33}	
CH1	0.57	0.25	-111	396	57
CH2	0.63	0.33	-178	502	77
CH3	0.66	0.35	-182	518	74
CH4	0.56	0.30	-129	400	80
CH5	0.54	0.28	-111	346	95
DIFAR	0.56	-	-	500	70

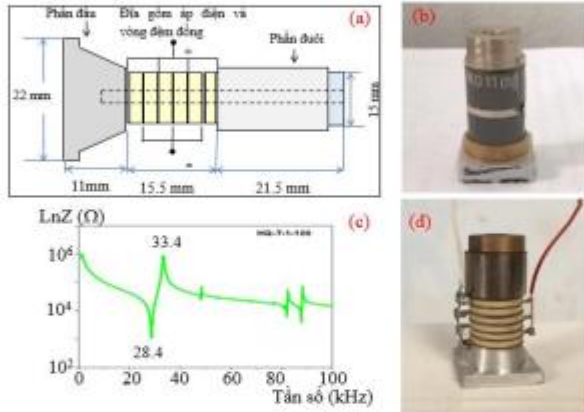
Nhìn chung, vai trò của các tạp đônô và axepô là trái ngược. Khi nồng độ điện tích của các ion đônô và axepô trong cấu trúc perovskite bằng nhau, hiệu ứng triệt tiêu nhau có thể xảy ra. Chính vì vậy, sự thay thế kết hợp giữa các ion không đáng trị được sử dụng để kiểm soát các tính chất vật liệu. Chúng sẽ có thể bù đắp cho những thiếu hụt về điện tích sinh ra khi pha tạp axepô bằng cách tăng lượng tạp đônô [6, 7]. Trong nghiên cứu này, các ion donor (Nb^{5+}) và axepô (Sb^{3+}) được thay thế vào các vị trí Zr/Ti góp phần nâng cao hoạt tính áp điện và tăng tính ổn định của gốm áp điện.

3.3. Ứng dụng vật liệu gốm áp điện CH3 vào chế tạo biến từ thủy âm

Trên cơ sở vật liệu tối ưu CH3, chúng tôi đã tiến hành chế tạo các bản gốm áp điện xuyên sử dụng trong đầu tự dẫn ngư lôi gọi là biến từ thủy âm kiểu Tonpilz. Biến từ Tonpilz

được sử dụng phổ biến nhất trong các ứng dụng SONAR, do có cấu trúc đơn giản (Hình 8a), hiệu suất cao và giá thành thấp.

Từ cấu tạo của biến từ Tonpilz cho thấy hai khối kim loại ở phần đầu và đuôi tạo ra hiệu ứng kẹp chặt giúp biến từ hoạt động ở tần số thấp, từ một vài kHz đến khoảng 50 kHz. Khối đầu tiếp xúc với môi trường truyền tải và khối đuôi hoạt động trong không khí. Bulông, vật liệu khối đuôi, kích thước và dạng hình học là những yếu tố quan trọng để điều chỉnh tần số của đầu dò. Dựa trên thiết kế của đầu dẫn ngư lôi (Hình 8b), chúng tôi đã thiết kế và chế tạo biến từ trên vật liệu mới CH3 (Hình 8d). Phổ cộng hưởng theo tần số từ 1 kHz đến 100 kHz của biến từ được khảo sát như trên Hình 8c, cho thấy biến từ có tần số cộng hưởng ở tần số khoảng 28,4 kHz.



Hình 8. (a) Cấu tạo của biến từ Tonpilz, (b) Đầu dẫn ngư lôi HQ kiểu Tonpilz, (c) Phổ cộng hưởng của biến từ Tonpilz chế tạo trên vật liệu CH3 và (d) Biến từ Tonpilz chế tạo trên vật liệu CH3.

IV. KẾT LUẬN

Phương pháp giải mã vật liệu đã được sử dụng để giải mã thành công vật liệu gốm áp điện trên phao thủy âm Difar và xây dựng công thức gốm áp điện mềm trên nền PZT pha tạp hỗn hợp (Nb, Sb). Ảnh hưởng của tỉ lệ Zr/Ti tại thành phần biên pha đến tính chất của hệ gốm áp điện mềm PZT được nghiên cứu hệ thống. Hệ gốm áp điện mềm tại thành phần tối ưu CH3 có tính chất áp điện cao hơn so với vật liệu đã được sử dụng trong chế tạo biến từ của nước ngoài, với $d_{31} \geq 518$ pC/N, hệ số liên kết điện cơ $k_p \sim 0,66$, hệ số phẩm chất cơ học $Q_m \sim 71$, nhiệt độ chuyển pha Curie $T_c > 361$ °C. Đồng thời, biến từ thủy âm kiểu Tonpilz được chế tạo thành công trên vật liệu mới CH3 với tần số cộng hưởng 28,4 kHz. Kết quả nghiên cứu này mở ra khả năng hoàn toàn tự khôi phục, chế tạo mới các loại đầu dò thủy âm hoạt động ở tần số thấp dùng trong cả lĩnh vực dân sự và quân sự.

The 8th International Conference on Applied and Engineering Physics (ICAEP-8)
from 12 to 15 October 2023, Ben Cat, Binh Duong, Vietnam

LỜI CẢM ƠN. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Đề tài nghiên cứu Khoa học và công nghệ quốc gia “Nghiên cứu, chế tạo biến từ áp điện ứng dụng trong các thiết bị thủy âm-siêu âm”, Mã số: ĐTĐLCN.10/18 đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. A. Quang and L. D. Vuong, *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, vol. 7, no. 2, 2022, pp. 100436(1-12).
- [2] S. Han, G. Jiang, Y. Zhu, Y. Liu, H. Zhang, L. Bian, D. Liu, Y. Sun, L. Zheng, B. Yang, and W. Cao, *Journal of Advanced Dielectrics*, vol. 13, no. 5, 2023, pp. 2350012-2350020.
- [3] Piezoelectric ceramics, Morgan Electro Ceramics, www.morganelectroceramics.com.
- [4] СПРАВОЧНЫЙ КАТАЛОГ, Аврора-ЭЛМА, пьезокерамика из Волгограда, <http://www.avrora-elma.ru>.
- [5] Soft PZT - CeramTec, <http://www.ceramtec.com>.
- [6] M. Kimura, A. Ando, D. Maurya, and S. Priya, "Chapter 2 - Lead Zirconate Titanate-Based Piezoceramics," in *Advanced Piezoelectric Materials (Second Edition)*, K. Uchino, Ed.: Woodhead Publishing, 2017, pp. 95-126.
- [7] W. Heywang, K. Lubitz, and W. Wersing, *Piezoelectricity: Evolution and Future of a Technology*, 2008.