

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ THIÊU KẾT ĐẾN TÍNH CHẤT ÁP ĐIỆN CỦA BIẾN TỬ ÁP ĐIỆN TRÊN NỀN PZT DẠNG ĐĨA CÓ ĐƯỜNG KÍNH 25mm

Dụng Thị Hoài Trang, Lê Thị Liên Phương, Trần Thành Văn,
Lê Trần Uyên Tú*, Võ Thanh Tùng*

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

*Email: tuletranuyen@hueuni.edu.vn, vttung@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 8/10/2024; ngày hoàn thành phản biện: 24/10/2024; ngày duyệt đăng: 01/11/2024

TÓM TẮT

Vật liệu gốm áp điện trên nền PZT được ứng dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực khoa học và công nghệ bởi vì chúng có các đặc tính sắt điện, áp điện tốt. Biến tử áp điện trên nền PZT dạng đĩa, có đường kính 25mm được thiêu kết tối ưu ở nhiệt độ là 1150 °C và thời gian ủ là 2 giờ. Với chế độ thiêu kết tối ưu này, gốm chế tạo được có tỷ trọng gốm 7,69 g/cm³, hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng là 1582, hệ số liên kết điện cơ k_p đạt 0,63 và hệ số áp điện d_{33} là 470 pC/N. Biến tử áp điện trên nền PZT dạng đĩa có đường kính 25mm hoạt động ở tần số thấp.

Từ khóa: áp điện, biến tử, nhiệt độ thiêu kết, PZT.

1. MỞ ĐẦU

PZT là vật liệu áp điện được các nhà nghiên cứu trên thế giới chú trọng nghiên cứu về cơ bản lẫn ứng dụng từ những năm 1950 vì chúng có các tính chất áp điện, điện môi, quang điện tốt. Với những đặc tính tốt trên, chúng được ứng dụng rộng rãi trong các thiết bị điện tử, chế tạo các đầu dò, các thiết bị siêu âm. Tuy nhiên, mỗi ứng dụng biến tử áp điện được thiết kế với các hình dạng khác nhau và kích thước khác nhau. Vì vậy, việc nghiên cứu quy trình chế tạo tối ưu cho mỗi loại biến tử là thật sự cần thiết. Trong đó, một trong những thông số ảnh hưởng đến tính chất của vật liệu là nhiệt độ nung và thời gian ủ thiêu kết của vật liệu [1, 2, 3, 4]. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu các tạp chất hỗ trợ thiêu kết như CuO, Fe₂O₃, Li₂CO₃ tác động đến nhiệt độ và thời gian ủ thiêu kết cũng được công bố [5, 6, 7].

Trong bài báo này chúng tôi trình bày về ảnh hưởng của chế độ thiêu kết đến tính chất áp điện của biến tử trên nền PZT có dạng đĩa đường kính 25 mm được ứng dụng trong các thiết bị siêu âm. Chúng tôi hi vọng các kết quả của bài báo sẽ góp phần quan trọng cho các nghiên cứu cơ bản lẫn ứng dụng.

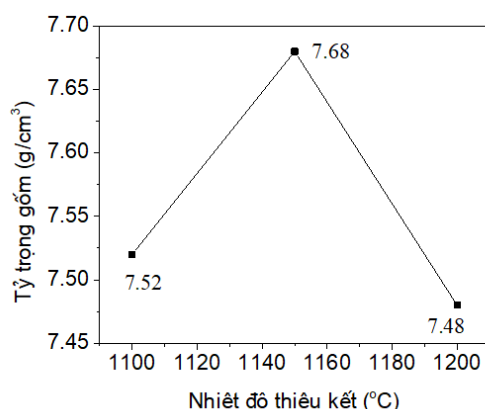
2. THỰC NGHIỆM

Hệ gốm PZT được chế tạo theo công nghệ truyền thống có công thức $\text{PbZr}_{0,52}\text{Ti}_{0,48}\text{O}_3$ (PZT). Nguyên liệu ban đầu là các oxit PbO (99%), ZrO (99%), TiO₂ (98%) của hãng Hàn Quốc. Hỗn hợp bột được cân với hợp thức mong muốn, nghiền trộn với ethanol trong 8 giờ bằng máy nghiền cọ xát, sau đó sấy khô và ép nung sơ bộ ở nhiệt độ 850 °C trong 2 giờ. Hỗn hợp sau đó được nghiền với ethanol trong thời gian là 16 giờ. Để khảo sát ảnh hưởng của chế độ thiêu kết đến tính chất của gốm trên nền PZT, chúng tôi tiến hành trộn bột PZT đã nghiền sau khi nung sơ bộ với chất hỗ trợ thiêu kết Li_2CO_3 và ép thành mẫu dạng hình đĩa có đường kính 25mm và được nung thiêu kết ở các nhiệt độ 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C trong thời gian là 2 giờ. Sau đó, mẫu nung thiêu kết ở nhiệt độ 1150 °C được chọn để khảo sát ảnh hưởng của thời gian ủ khác nhau trong khoảng 2 giờ, 3 giờ, 4 giờ. Để thuận tiện trong nghiên cứu, chúng tôi kí hiệu M1100, M1150, M1200 ứng với mẫu nung ở các nhiệt độ 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C trong 2 giờ và ký hiệu M2, M3, M4 tương ứng với mẫu nung ở nhiệt độ 1150 °C ủ trong thời gian 2 giờ, 3 giờ, 4 giờ.

Mật độ gốm của các mẫu được xác định bằng phương pháp Archimedes. Cấu trúc tinh thể của gốm được nghiên cứu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (D8 ADVANCE). Các mẫu gốm được phủ điện cực bằng bạc và phân cực trong dầu silicon ở nhiệt độ 120 °C, điện trường 25 kV/cm trong 15 phút. Tính chất điện môi và phổ dao động cộng hưởng được đo từ các hệ đo tự động hóa HIOKI 3532, Impedance HP 4193A. Hệ số d_{33} được đo trên thiết bị YE2730A d_{33} meter –Sinocera.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mật độ gốm của các mẫu M1100, M1150, M1200 thiêu kết tại các nhiệt độ 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C được mô tả như ở hình 1.

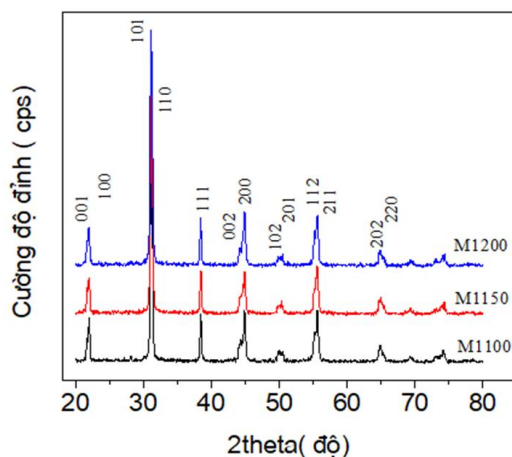


Hình 1. Sự phụ thuộc của tỷ trọng gốm theo nhiệt độ nung thiêu kết của các mẫu M1100, M1150, M1200

Kết quả khảo sát cho thấy, khi tăng nhiệt độ thiêu kết từ 1100 °C đến 1150 °C thì tỉ trọng của các mẫu gốm tăng dần và đạt giá trị cực đại tại nhiệt độ thiêu kết 1150 °C, với giá trị tương ứng là 7,68 g/cm³. Khi tiếp tục tăng nhiệt độ nung thiêu kết lên 1200 °C thì tỷ trọng gốm giảm dần, điều này có thể là do sự bay hơi của chì trên bề mặt mẫu khi nung ở nhiệt độ cao, dẫn đến sự hình thành các lỗ hổng làm giảm mật độ gốm. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Cheng, nhóm tác giả cho rằng khi thiêu kết ở nhiệt độ cao sự bay hơi của chì tạo ra các lỗ khuyết oxi làm giảm mật độ của gốm [8].

Hình 2 mô tả phổ nhiễu xạ tia X của các mẫu M1100, M1150, M1200 thiêu kết tại các nhiệt độ 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C trong thời gian 2 giờ ứng với góc 2θ trong khoảng từ 20 ° đến 70 °.

Từ phổ nhiễu xạ tia X của các mẫu gốm trên nền PZT thiêu kết tại các nhiệt độ 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C có thể nhận định rằng, tất cả các mẫu đều có cấu trúc peroskit ABO₃, không tồn tại pha thứ hai. Trong khoảng 2θ từ 20 ° đến 70 °, các mẫu gốm đều có cấu trúc tứ giác điển hình, các vạch kép xuất hiện tại các vị trí ứng với góc 2θ khoảng 22 °, 31 °, 45 ° và vạch đơn tại 38 °. Trong các hệ vật liệu trên nền PZT, các pha thuần tứ giác, mặt thoi và pha hỗn hợp tứ giác – mặt thoi được xác định bằng cách phân tích các đỉnh nhiễu xạ: (002)_T (tứ giác), (200)_R (mặt thoi) và (200)_T (tứ giác) với góc 2θ trong khoảng từ 43° đến 46° trong giản đồ nhiễu xạ tia X 0. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu về phổ nhiễu xạ tia X của nhóm tác giả Boutarfaia và WeiPeng [10], [11].



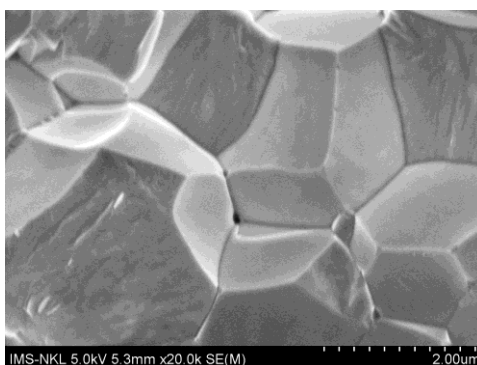
Hình 2. Phổ nhiễu xạ tia X của các mẫu M1100, M1150, M1200

Từ kết quả của mật độ gốm và phổ nhiễu xạ tia X, chúng tôi có thể nhận định ban đầu nhiệt độ 1150 °C là nhiệt độ thiêu kết tối ưu của hệ gốm. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ thiêu kết đến vi cấu trúc, tính chất điện môi và áp điện của hệ gốm.

Để đánh giá sự phân bố của các hạt trên bề mặt gốm của mẫu nung ở nhiệt độ 1150 °C trong 2 giờ, mẫu gốm sau khi thiêu kết được tiến hành chụp ảnh hiển vi điện

từ quét SEM.

Hình 3 là ảnh SEM thể hiện vi cấu trúc của mẫu gốm thiêu kết ở nhiệt độ 1150 °C và ủ trong thời gian là 2 giờ. Kết quả chỉ ra rằng các hạt gốm xếp tương đối chặt, thể hiện rõ biên hạt, tuy nhiên kích thước của các hạt chưa thực sự đồng đều.

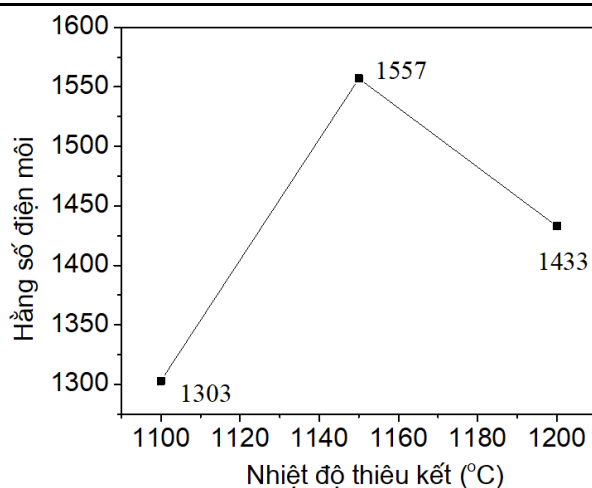


Hình 3. Ảnh SEM của mẫu gốm thiêu kết ở nhiệt độ 1150 °C và ủ trong thời gian là 2 giờ.

Hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng của các mẫu M1100, M1150, M1200 được trình bày ở bảng 1. Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của hằng số điện môi theo nhiệt độ nung thiêu kết của các mẫu M1100, M1150, M1200 được thể hiện như ở hình 4.

Bảng 1. Mật độ gốm và hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng của các mẫu M1100, M1150, M1200

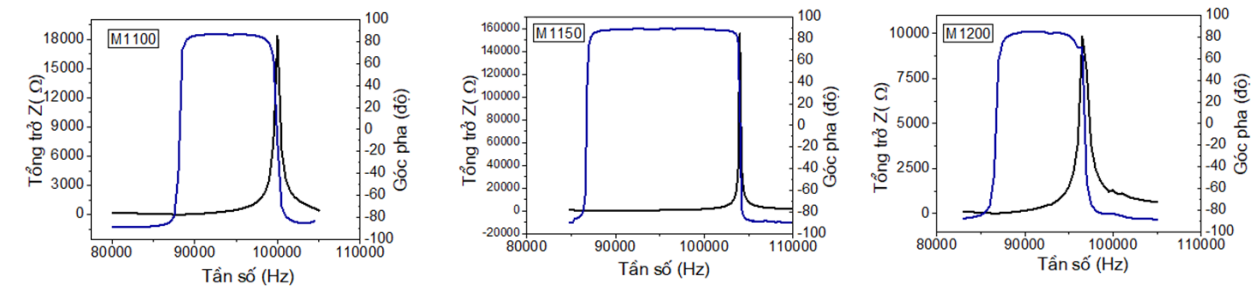
Mẫu	Z min (Ω)	Tỷ trọng gốm (g/cm^3)	Hằng số điện môi
M1100	5,30	7,52	1303
M1150	4,59	7,68	1557
M1200	9,89	7,48	1433



Hình 4. Sự phụ thuộc của hằng số điện môi theo nhiệt độ nung thiêu kết của các mẫu M1100, M1150, M1200

Hình 4 cho thấy, khi tăng nhiệt độ thiêu kết thì hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng càng tăng và mẫu gốm nung ở nhiệt độ 1150 °C, có hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng lớn nhất, có giá trị tương ứng là 1557, khi tiếp tục tăng nhiệt độ nung thì hằng số điện môi giảm dần. Sự gia tăng về hằng số điện môi phù hợp với sự gia tăng kích thước hạt và mật độ gốm [12].

Để xác định tính chất áp điện của các mẫu gốm M1100, M1150, M1200, chúng tôi tiến hành khảo sát phổ cộng hưởng dao động biểu diễn sự phụ thuộc của tổng trở Z và góc pha θ vào tần số đo của các mẫu thiêu kết ở 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C ở nhiệt độ phòng như ở hình 5.



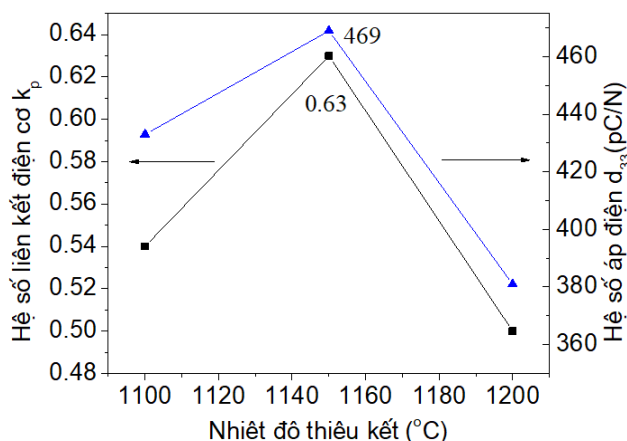
Hình 5. Phổ cộng hưởng dao động theo phương bán kính của các mẫu M1100, M1150, M1200

Kết quả đo phổ cộng hưởng cho phép xác định được tổng trở Z min, cặp tần số cộng hưởng f_s , f_p ứng với trường hợp tổng trở Z đạt cực đại và cực tiểu. Dựa vào các chuẩn áp điện IRE61, IRE87, một số thông số áp điện như hệ số liên kết điện cơ k_p , hệ số áp điện d_{33} của các mẫu được xác định và thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Một số thông số áp điện cơ bản của các mẫu M1100, M1150, M1200

Mẫu	Hệ số liên kết điện cơ k_p	Hệ số áp điện d_{33} (pC/N)
M1100	0,54	433
M1150	0,63	469
M1200	0,50	381

Trên cơ sở các số liệu thu được, chúng tôi vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} của các mẫu M1100, M1150, M1200 theo các nhiệt độ thiêu kết khác nhau như hình 6.

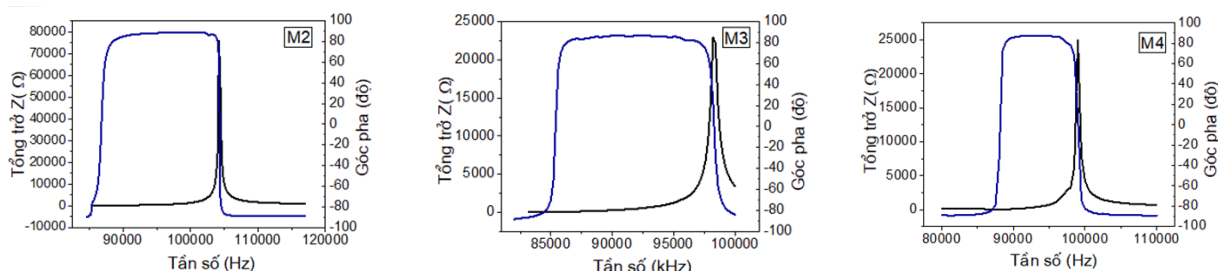


Hình 6. Sự phụ thuộc của hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} theo nhiệt độ nung thiêu kết của các mẫu M1100, M1150, M1200

Đồ thị ở hình 6 cho thấy, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} tăng dần khi nhiệt độ thiêu kết tăng và đạt giá trị cao nhất tương ứng với mẫu nung ở 1150 °C, với các giá trị tương ứng là 0,63 và 469 pC/ N. Khi tiếp tục tăng nhiệt độ thiêu kết thì cả hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} đều giảm. Các kết quả áp điện tốt này phù hợp với sự thay đổi của mật độ gốm.

Từ các kết quả thu được ở trên, chúng tôi chọn nhiệt độ thiêu kết tối ưu cho hệ gốm trên nền PZT có đường kính 25mm là 1150 °C để khảo sát thời gian ủ, chúng tôi tiến hành nung các mẫu gốm tại nhiệt độ này và ủ chúng trong 2 giờ, 3 giờ và 4 giờ (kí hiệu M2, M3, M4).

Sau khi chế tạo mẫu, chúng tôi xác định được tỷ trọng gốm, hằng số điện môi của các mẫu gốm ở nhiệt độ phòng cũng như khảo sát các tính chất áp điện của hệ gốm. Phổ cộng hưởng dao động theo phương bán kính của các mẫu thiêu kết ở nhiệt độ 1150 °C và ủ trong thời gian 2 giờ, 3 giờ, 4 giờ được thể hiện như ở hình 7.



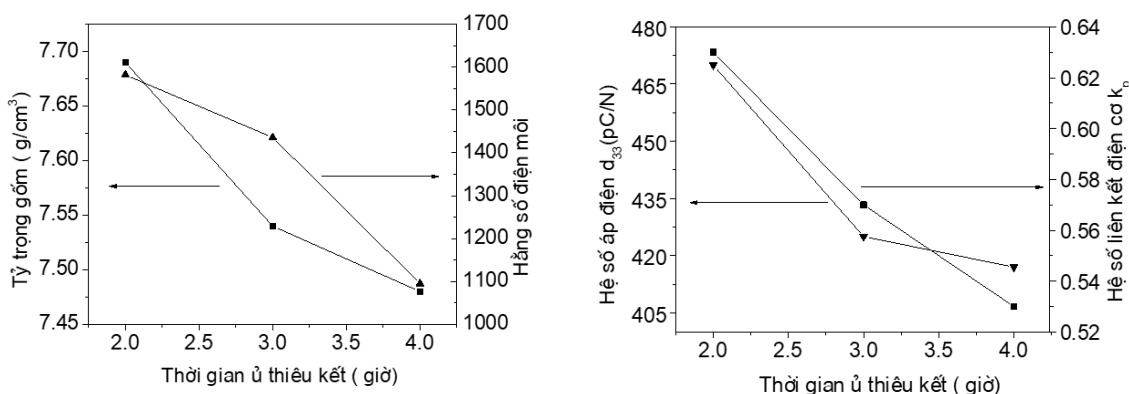
Hình 7. Phổ cộng hưởng dao động theo phương bán kính của các mẫu thiêu kết ở nhiệt độ 1150 °C ủ trong thời gian 2 giờ, 3 giờ, 4 giờ.

Từ phổ cộng hưởng dao động theo phương bán kính ở hình 7, chúng tôi tính toán được hệ số liên kết điện cơ k_p , hệ số áp điện d_{33} của các mẫu và được tổng hợp như ở bảng 3.

Bảng 3. Tỷ trọng, hằng số điện môi, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} của các mẫu gốm M2, M3, M4.

Mẫu	Tỷ trọng gốm (g/cm^3)	Hằng số điện môi	Hệ số liên kết điện cơ k_p	Hệ số áp điện d_{33} (pC/N)
M2	7,69	1582	0,63	470
M3	7,54	1436	0,57	425
M4	7,48	1095	0,53	417

Sự thay đổi của tỷ trọng gốm, hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} của các mẫu M2, M3, M4 theo thời gian ủ được thể hiện như ở hình 8.



Hình 8. Sự phụ thuộc của tỷ trọng gốm, hằng số điện môi, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} theo thời gian ủ thiêu kết của các mẫu M2, M3, M4

Hình 8 cho thấy rằng, mẫu M2 ứng với nhiệt độ nung ở $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ và ủ trong thời gian 2 giờ có tỷ trọng gốm, hằng số điện môi, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} cao nhất với các giá trị tương ứng là $7,69\text{ g/cm}^3$, 1582, 0,63 và 470 pC/N. Khi tiếp tục tăng thời gian ủ lên 3 giờ, 4 giờ thì tỷ trọng gốm, hằng số điện môi, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} giảm dần theo thời gian ủ thiêu kết. Từ các kết quả trên có thể kết luận rằng, 2 giờ là thời gian ủ thiêu kết tối ưu cho gốm áp điện có đường kính 25mm. Điều này có thể giải thích rằng, thời gian thiêu kết quá dài dẫn đến sự bay hơi quá mức của chì, do đó hình thành các lỗ hổng trong cấu trúc làm giảm mật độ gốm và tính chất áp điện của gốm [13].

Để có kết luận chính xác hơn, chúng tôi lập bảng so sánh một số thông số áp điện cơ bản của mẫu PZT nung ở nhiệt độ 1250 °C ủ trong 4 giờ và mẫu PZT pha tạp Li_2CO_3 nung ở 1150 °C ủ trong 2 giờ như ở bảng 4.

Bảng 4. Nhiệt độ nung, tỷ trọng gốm, hằng số điện môi, hệ số liên kết điện cơ k_p và hệ số áp điện d_{33} của mẫu nền PZT và mẫu PZT pha chất hỗ trợ thiêu kết.

Mẫu	PZT	PZT + chất hỗ trợ thiêu kết
Nhiệt độ nung (°C)/ thời gian ủ (giờ)	1250 °C/ 4 giờ	1150 °C/ 2 giờ
Tỷ trọng gốm (g/cm ³)	7,72	7,69
Hằng số điện môi	1499	1582
Hệ số liên kết điện cơ k_p	0,60	0,63
Hệ số áp điện d_{33} (pC/N)	400	470

Như vậy, so với mẫu gốm PZT không pha tạp thì mẫu gốm PZT pha tạp Li_2CO_3 có nhiệt độ thiêu kết thấp hơn 100 °C và thời gian ủ thấp hơn 2 giờ cùng với đó các thông số áp điện cơ bản của vật liệu cũng cao hơn so với gốm PZT. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, chúng tôi kết luận rằng, biến tử dạng đĩa trên nền PZT đường kính 25 mm thiêu kết tối ưu ở nhiệt độ nung là 1150 °C và thời gian ủ là 2 giờ.

4. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã sử dụng phương pháp chế tạo gốm truyền thống để chế tạo biến tử áp điện dạng đĩa có đường kính 25mm trên nền PZT. Chế độ thiêu kết tối ưu cho hệ gốm này được chọn với nhiệt độ nung thiêu kết là 1150 °C và thời gian ủ là 2 giờ. Với chế độ này thì gốm thu được có các thông số tối ưu như tỷ trọng gốm là 7,69 g/ cm³, hằng số điện môi tại nhiệt độ phòng là 1582, hệ số liên kết điện cơ k_p là 0,63 và hệ số áp điện d_{33} là 470 pC/N. Như vậy, với những kết quả thu được ở trên hi vọng rằng đây sẽ là những kết quả nghiên cứu có ý nghĩa cho các nghiên cứu cơ bản lẫn nghiên cứu ứng dụng với các biến tử áp điện dạng đĩa có đường kính lớn.

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 tử áp điện ứng dụng trong các thiết bị thủy âm-siêu âm” đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Jaffe, B., Cook, W.R., Jaffe, H. (1971). *Piezoelectric Ceramics*; Academic Press: New York, NY, USA.
- [2] Panda P.K., Sahoo B. (2015), PZT to lead free piezo ceramics, *Ferroelectrics*, 474, 128–143.
- [3] Jiang X.-J., Liu M.-W., Shi F.-F.; Wang W., Wu, X. M., Chen, J. Y. (2019) A microscale linear phased-array ultrasonic transducer based on PZT ceramics. *Sensors*, 19, 1244.
- [4] Sandeep Mahajan, O.P. Thakur, and Chandra Prakash (2007), Effect of Sintering Temperature on Structural and Piezoelectric Properties of PNN-PZT Ceramics, *Defence Science Journal*, Vol. 57, No. 1, Jan, pp. 23-282007.
- [5] K.V. Kochunov, G.A. Konoplev, N.D. Mukhin and D.A. Chigirev (2019), Investigation of photoelectric properties of CuO / PZT heterostructures in the visible and near IR regions, *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1400, Issue 6, 1742, doi 10.1088/1742-6596/1400/6/066054.
- [6] S. Y. Zhao, J. J. Bian, (2023), Effects of Li₂CO₃-CuO addition on the sintering behavior, dielectric and piezoelectric properties of PZT ceramics, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*.
- [7] Dao Anh Quang, Le Dai Vuong (2022), Enhanced piezoelectric properties of Fe₂O₃ and Li₂CO₃ co-doped Pb[(Zr_{0.48}Ti_{0.52})_{0.8}(Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.125}(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.075}] O₃ ceramics for ultrasound transducer applications, *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, Volume 7, Issue 2, 100436.
- [8] S. Y. Cheng, S. L. Fu, and C. C. Wei (1987), Low temperature sintering of PZT ceramics, *Ceram. Int.*, 13, 223–231.
- [9] Gao F., Cheng L., Hong R., Liu J., Wang C. and Tian C. (2009), “Crystal structure and piezoelectric properties of xPb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ (0.2 - x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - 0.8Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃ ceramic”, *Ceramics International* 35, pp. 1719–1723.
- [10] Wei Peng, Bin Wang, Jianglei Chang, Zhen Liu, Genshui Wang, Shuxiang Dong (2024), “Giant piezoelectricity of PNN-PIN-PT ceramics via domain engineering”, *Journal of the European Ceramic Society*, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2024.03.009>
- [11] A. Boutarfaia, C. Boudaren, A. Mousser & S. E. Bouaoud (1995), “Study of Phase Transition Line of PZT Ceramics by X-Ray Diffraction”, *Ceramics International* 21, 391-394.
- [12] Xu Y. (1991) *Ferroelectric materials and their applications*, Elsevier Science Publisher, North – Holland, Tokyo-Paris-New York.
- [13] C.H. Wang, S.J. Chang, P.C. Chang (2004), “Effect of sintering conditions on characteristics of PbTiO₃-PbZrO₃-Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃”, *Materials Science and Engineering B* 111, 124–130.

EFFECT OF SINTERING PROCESS TO PIEZOELECTRIC PROPERTIES OF 25mm DIAMETER PZT – BASED PIEZOELECTRIC TRANSDUCER

**Dung Thi Hoai Trang, Le Thi Lien Phuong, Tran Thanh Van,
Le Tran Uyen Tu*, Vo Thanh Tung***

Faculty of Electronics, Electrical Engineering and Material Technology,
University of Sciences, Hue University

*Email: tuletranuyen@hueuni.edu.vn, vttung@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

Piezoelectric ceramic materials based on PZT are widely used in various fields due to their good ferroelectric and piezoelectric properties. The PZT - based piezoelectric transducer with a diameter of 25mm was optimally sintered at a temperature of 1150 °C and annealing time of 2 hours. With the optimal sintering regime, the ceramic fabricated based on PZT has a density of 7.69 g/cm³, a dielectric constant of 1582 at room temperature, an electromechanical coupling coefficient k_p of 0.63 and a piezoelectric coefficient d_{33} of 470 pC/N. With these properties, ceramic materials based on PZT are used to fabricate transducers operating at low frequencies.

Keywords: piezoelectric, PZT, sintered temperature, transducer.



Đặng Thị Hoài Trang sinh ngày 24/12/1987 tại Thừa Thiên Huế. Bà tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý học năm 2009 và thạc sĩ ngành Vật lý Chất rắn năm 2012 tại Trường Đại học Khoa học Huế. Bà công tác tại khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học Huế từ năm 2013.

Lĩnh vực nghiên cứu: Gốm áp điện, Vật lý chất rắn.



Lê Thị Liên Phương sinh ngày 18/11/1971. Bà tốt nghiệp Đại học năm 1993, ngành Vật lý, tại Trường ĐHSP, ĐHH Huế. Bà công tác tại khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học Huế từ năm 2002.

Lĩnh vực nghiên cứu: Gốm áp điện, Vật lý chất rắn



Trần Thành Văn sinh năm 1980 tại Quảng Bình. Ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý học năm 2004 và thạc sĩ ngành Vật lý Chất rắn năm 2014 tại Trường Đại học Khoa học, ĐHH Huế. Ông công tác tại khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học Huế từ năm 2013.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hệ thống IoT, Điện tử viễn thông.



Lê Trần Uyên Tú sinh ngày 04/11/1981 tại Thừa Thiên Huế. Bà tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý học năm 2003 và thạc sĩ ngành Vật lý học năm 2007 tại Trường Đại học Khoa học, ĐHH Huế; nhận học vị tiến sĩ năm 2013 tại viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến. Bà công tác tại khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học Huế từ năm 2003.

Lĩnh vực nghiên cứu: Gốm áp điện, Vật lý chất rắn.



Võ Thanh Tùng sinh năm 1979 tại Thừa Thiên Huế. Ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý học năm 2001 và thạc sĩ ngành Vật lý học năm 2007 tại Trường Đại học Khoa học, ĐHH Huế; nhận học vị tiến sĩ năm 2009 tại Trường Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus. Ông công tác tại khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học Huế từ năm 2001.

Lĩnh vực nghiên cứu: Gốm áp điện, Vật lý chất rắn, Mô phỏng vật liệu.

