

CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT CỦA GỐM ÁP ĐIỆN $\text{BaTiO}_3 + x \% \text{kl LiBiO}_2$ THAY THẾ CHO CÁC BIẾN TỬ ÁP ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG SONA NHÚNG VGS-3

Đỗ Viết Ôn*, Võ Thanh Tùng, Trương Văn Chương

Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: dovietonphysic@mail.com

Ngày nhận bài: 10/01/2020; ngày hoàn thành phản biện: 18/02/2020; ngày duyệt đăng: 14/7/2020

TÓM TẮT

Hệ thống sona nhúng VGS-3 có cấu tạo gồm 24 thanh biến tử áp điện dựa trên nền gốm BaTiO_3 (BT) được ghép song song với nhau. Để nâng cao tính chất điện môi, sắt điện, áp điện và cải thiện một số tính chất vật lý của gốm BT, hệ vật liệu $\text{BaTiO}_3 - x \% \text{kl LiBiO}_2$ (BT-xLBO) đã được nghiên cứu, chế tạo và sử dụng để thay thế cho các biến tử trong hệ thống sona nhúng VGS-3. BT-xLBO được tổng hợp thành công tại nhiệt độ 1200 °C bằng phương pháp nung truyền thống. Sự ảnh hưởng của chất chảy và nhiệt độ nung thiêu kết vào mật độ và các tính chất điện của hệ gốm đã được nghiên cứu. Hệ gốm BT-1.0LBO thể hiện tính chất điện môi và áp điện tốt nhất với hệ số liên kết điện cơ $k_p = 0.29$, $k_{31} = 0.16$, hệ số áp điện $d_{33} = 185$ (pC/N) và nhiệt độ chuyển pha $T_c = 98$ °C. Với các tính chất điện tốt, BT-1.0LBO là hệ vật liệu hứa hẹn sử dụng để chế tạo các biến tử mới và thay thế cho các biến tử hư hỏng trong các thiết bị sona.

Từ khóa. Biến tử áp điện, gốm áp điện BaTiO_3 , chất chảy LBO.

1. MỞ ĐẦU

Để làm chủ vùng biển và bảo vệ biển, đảo, lãnh hải, các căn cứ quân sự... Hải quân Việt Nam cũng đã chú ý đến đầu tư cho lĩnh vực săn, chống ngầm và ngày nay là lực lượng tàu ngầm Kilo hiện đại. Vào những năm 1980, Liên Xô đã trang bị nhiều máy bay trực thăng săn ngầm Ka-28 tại Việt Nam để giám sát, chống ngầm với phao nhúng VGS-3 và một số lượng rất lớn phao thủy âm vô tuyến thụ động ПФБ-НМ-1. Vật liệu làm anten thủy âm được chế tạo từ thời Liên Xô cũ và sử dụng gốm BaTiO_3 có nhiệt độ chuyển pha thấp, không bền với điều kiện môi trường nhiệt đới nên đã già hóa, các thông số áp điện suy giảm mạnh, số lượng biến tử gốm hư hỏng hoàn toàn chiếm tỷ lệ rất cao. Chính vì vậy, một bài toán cấp bách đặt ra hiện nay là phải nhanh chóng khôi phục và tiến đến thay thế các cảm biến áp điện trên nền BaTiO_3 bằng các loại vật liệu

Chế tạo và nghiên cứu tính chất của gốm áp điện BaTiO₃ + x %kl LiBiO₂ thay thế cho các biến tử ...

mới có tính năng tương đương và cao hơn. Tuy nhiên, hệ gốm trên nền BaTiO₃ có nhược điểm là nhiệt độ thiêu kết cao (≥ 1350 °C). Điều kiện phòng thí nghiệm của chúng tôi hiện không có lò nung đáp ứng điều kiện này. Chính vì vậy, chúng tôi chọn giải pháp để giảm nhiệt độ thiêu kết của BaTiO₃ bằng cách đưa thêm chất chảy LiBiO₂ (LBO). LiBiO₂ đã được báo cáo là một trong những chất hỗ trợ thiêu kết của nhiều hệ gốm áp điện chứa chì[1-9] và không chì[10-12]. Chất chảy LBO làm giảm nhiệt độ thiêu kết mà không làm suy giảm các tính chất điện, điện môi, áp điện. Mazumder và cộng sự chỉ ra rằng gốm PZT pha 3%kl LiBiO₂ và 2%kl LiBiO₂ có khối lượng riêng đạt 95% và 97% so với lý thuyết khi thiêu kết ở 715 °C. Các tính chất điện môi và điện áp tốt hơn so với PZT thiêu kết ở nhiệt độ cao khi không có LBO[2]. Zhang và cộng sự báo cáo hệ gốm PZT-SKN pha 6 %kl LiBiO₂ hoặc 1%kl LiBiO₂ + 1%kl CuO giảm nhiệt độ thiêu kết xuống hơn 300-350°C. Gốm PZT-SKN với 1 %kl LiBiO₂ + 1%kl CuO được thiêu kết 900 °C cho thấy mật độ cao với hệ số áp điện d_{33} tại điện trường cao là 415 pm/V, nhiệt độ Curie T_c khoảng 351 °C, hằng số điện môi 1235, hệ số $k_p = 0,54$ [6]. Liang và cộng sự đã tổng hợp hệ gốm $Pb_{0,97}La_{0,03}(Zr_{0,53}Ti_{0,47})_{0,9925}O_3$ (PLZT) với 6,0 %kl LiBiO₂ thiêu kết ở nhiệt độ 950 °C trong 7 giờ cho thấy các tính chất điện cao vượt trội so với các mẫu PZT-5, PMN-PZT truyền thống với $d_{33} = 435$ pC/N, $S_{11} = 0,22\%$ ở điện trường 3,0 kV/mm, $\epsilon_{33} = 2040$, $\tan\delta = 0,025$ và $T_c = 240$ °C[7]. Jinqiao Yi và cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng của LiBiO₂ đến tính chất của gốm áp điện $0,35Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,65Pb(Zr_{0,41}Ti_{0,59})O_3$ (PNN-PZT) pha tạp CuO. Mẫu PNN-PZT bổ sung 0,1 %kl CuO và 1,0 %kl LiBiO₂ nhiệt độ thiêu kết giảm từ 1200 xuống 1000 °C nhưng gốm vẫn duy trì tính chất áp điện cao với hằng số áp điện $d_{33} = 538$ pC/N, hệ số liên kết điện cơ $k_p = 0,62$, hằng số điện môi $\epsilon_{33} = 3381$, hệ số phẩm chất Q_m là 61 và tổn hao $\tan\delta = 0,01$ [8].

Theo sự hiểu biết của chúng tôi, hiện tại các báo cáo về giảm nhiệt độ thiêu kết của hệ gốm trên nền BaTiO₃ sử dụng chất chảy LBO còn rất ít. Nghiên cứu này tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của chất chảy LBO đến tính chất điện môi, sắt điện và áp điện của BaTiO₃. Đồng thời, hệ gốm với nồng độ LBO tối ưu được chọn so sánh với các tính chất điện của biến tử thu, chế tạo thành các biến tử mới để thay thế các biến tử thu đã hỏng để khôi phục anten thủy âm.

2. THỰC NGHIỆM

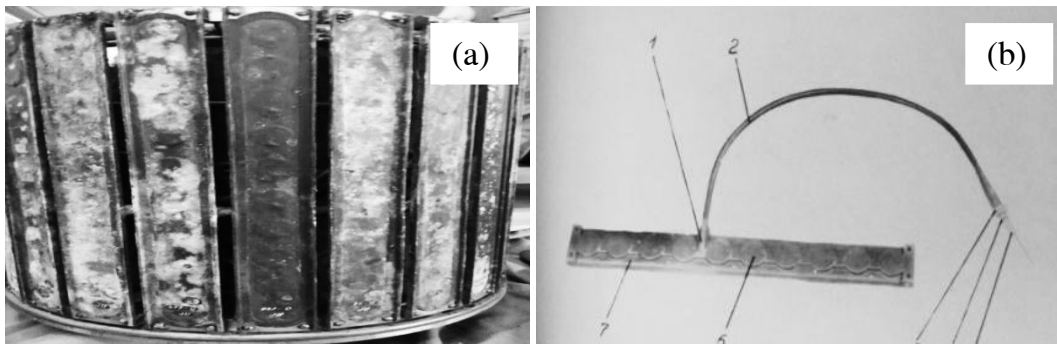
Hệ gốm BaTiO₃ + x %kl LiBiO₂ được chế tạo bằng phương pháp truyền thống. Bước 1: Hệ gốm BaTiO₃ (BT) được chế tạo theo phương pháp phản ứng pha rắn bằng cách pha trộn BaCO₃, TiO₂ (99%, Hàn quốc). Hỗn hợp được siêu âm trong 30 phút và nghiền 14 giờ, sau đó sấy khô và ép trong khuôn có đường kính 25 mm, tại 500 kg/cm², nung sơ bộ tại 1200 °C trong 2 giờ. Tiếp theo, hỗn hợp BT được nghiền trong 24 giờ. Bước 2: Chất chảy LiBiO₂ (LBO) chế tạo nghiền trộn hỗn hợp Bi₂O₃ và Li₂O trong thời gian 14 giờ và nung ở 650°C trong 2 giờ. Sau đó, hỗn hợp LBO được nghiền lần 2 trong

24 giờ và sấy khô. Bước 3: Pha chất chảy LBO vào BT theo nồng độ x , nghiền trong 30 phút và ép thành viên để thiêu kết ở nhiệt độ 1200 °C trong 2h.

Khối lượng riêng của các mẫu gốm được xác định bằng phương pháp Archimedes sử dụng dung dịch ethanol. Các mẫu gốm được tạo điện cực bằng bạc và được phân cực trong dầu Silicon ở nhiệt độ 80 °C, điện trường 30 kV/cm trong 30 phút. Mẫu phân cực được đo các tính chất điện sau 24 giờ. Tính chất điện môi theo nhiệt độ được xác định bằng RLC HIOKI 3532 với chương trình tự động, nhiệt độ của mẫu được đo sử dụng Digital Mutimeter 7562. Tính chất áp điện được xác định bằng tần số cộng hưởng-phản cộng hưởng sử dụng phân tích trở kháng (LCR Hioki 3532). Tính chất sắt điện được xác định bằng phương pháp Sawyer-Tower.

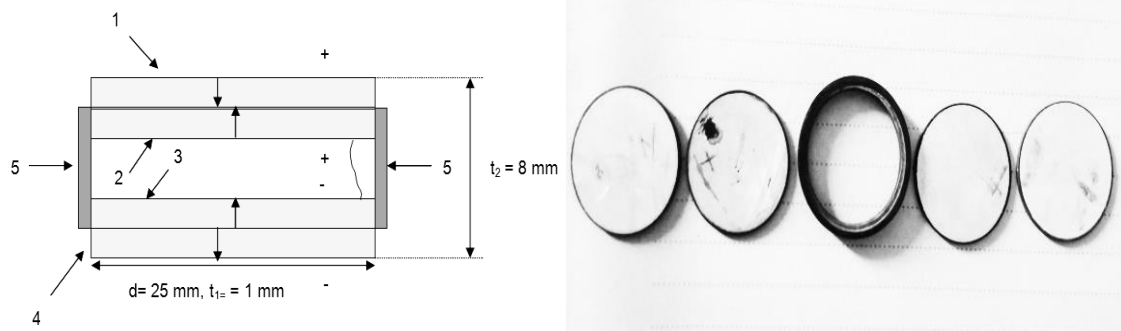
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để chọn được vật liệu nghiên cứu phù hợp, chúng tôi tiến hành nghiên cứu cấu tạo, tính chất điện môi, sắt điện, áp điện của gốm dùng chế tạo biến tử của ăng ten thu (kí hiệu BTT). Thiết bị thu có dạng hình trụ (hình 1a), gồm 24 thanh biến tử (hình 1b) được ghép song song với nhau.



Hình 1. Cấu tạo của khối thu.

Trong mỗi thanh có 10 hộp, mỗi hộp gồm 2 khối áp điện được gắn vào một hình trụ tạo thành hình trống (hình 2). Mỗi khối áp điện gồm 2 bản gốm liên kết cứng, kiểu song song. Hai khối nối tiếp nhau. Khối 1 được nối + - - + ; khối 2 được nối - + + - .

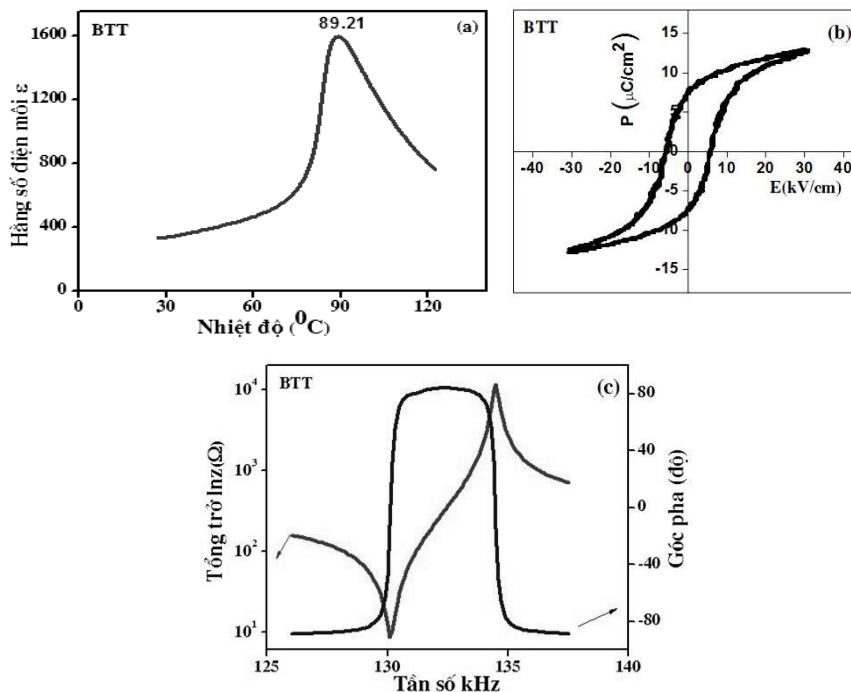


Hình 2. Cấu tạo của hộp cộng hưởng (1,2,3,4: các bản gốm áp điện; 5: vành trống).

Chế tạo và nghiên cứu tính chất của gốm áp điện BaTiO₃ + x %kl LiBiO₂ thay thế cho các biến tử ...

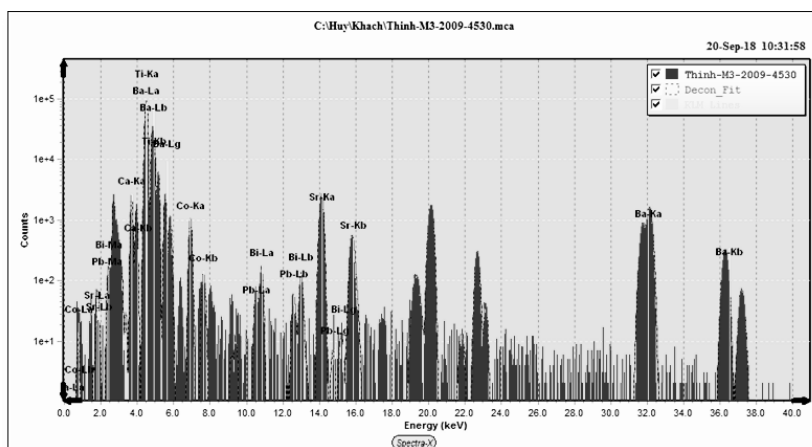
Chúng tôi tiến hành tách các mẫu gốm trong một hộp ra và nghiên cứu tính chất điện môi, sắt điện, áp điện của chúng.

Kết quả cho thấy biến tử thu sử dụng hệ vật liệu trên nền BaTiO₃ có $\rho = 5,48 \text{ g/cm}^3$, các mẫu đều có đường trễ dạng đặc trưng của các vật liệu sắt điện thường. Độ phân cực dư $P_r = 7,51 \text{ } \mu\text{C/cm}^2$ và trường điện kháng $E_c = 5,67 \text{ kV/cm}$ (hình 3b). Sự phụ thuộc của hằng số điện môi vào nhiệt độ của mẫu được chỉ ra trên hình 3a. Nhiệt độ chuyển pha của vật liệu được xác định là $T_c = 89 \text{ }^\circ\text{C}$. Để khôi phục các biến tử áp điện, chúng tôi đã khảo sát chế độ phân cực. Chế độ phân cực tối ưu được xác định là: nhiệt độ $80 \text{ }^\circ\text{C}$, điện trường 2 kV/cm , thời gian phân cực 30 phút. Kết quả biến tử thu sau khi phân cực, có hệ số áp điện $d_{33} = 172 \text{ pC/N}$ và hệ số liên kết điện cơ $k_p = 0,29$ (hình 3c).



Hình 3. a) Sự phụ thuộc của hằng số điện môi vào nhiệt độ đo tại 1kHz, b) Đường trễ sắt điện và c) Phổ dao động cộng hưởng theo phương radian của biến tử thu

Để có đánh giá chi tiết hơn và tiến đến thiết lập được công thức chế tạo, chúng tôi tiến hành phân tích định lượng các nguyên tố có mặt trong vật liệu thông qua phổ Huỳnh quang tia X. Phép phân tích được thực hiện tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.



Hình 4. Phổ huỳnh quang tia X của gốm BTT

Bảng 1. Kết quả phân tích định lượng mẫu gốm BTT

Ba	Ti	O	Ca	Co	Sr	Pb	Bi
54.870	21.489	21.507	1.394	0.329	0.347	0.027	0.037

Từ kết quả phân tích định lượng (bảng 1) cho thấy, gốm BTT là gốm trên nền BaTiO₃ pha tạp Sr, Ca, Co và có sử dụng chất hỗ trợ thiêu kết (PbO, Bi₂O₃) để hạ nhiệt độ thiêu kết. Theo các nhà chuyên môn về phân tích phổ huỳnh quang tia X cho biết, kết quả trên vẫn không thể chỉ ra giá trị chính xác tuyệt đối về nồng độ các chất thành phần. Vì vậy, trên cơ sở phân tích số liệu thực nghiệm thu được, kết hợp với phân tích phổ huỳnh quang tia X và các tài liệu đã công bố cho thấy gốm thuộc nhóm vật liệu trên nền BaTiO₃. Với các cơ sở các phân tích trên, chúng tôi chọn làm đối tượng BaTiO₃ làm vật liệu nền kết hợp chất chảy LBO để hạ nhiệt độ thiêu kết theo công thức BaTiO₃ + x %kl LBO để chế tạo gốm áp điện thay thế.

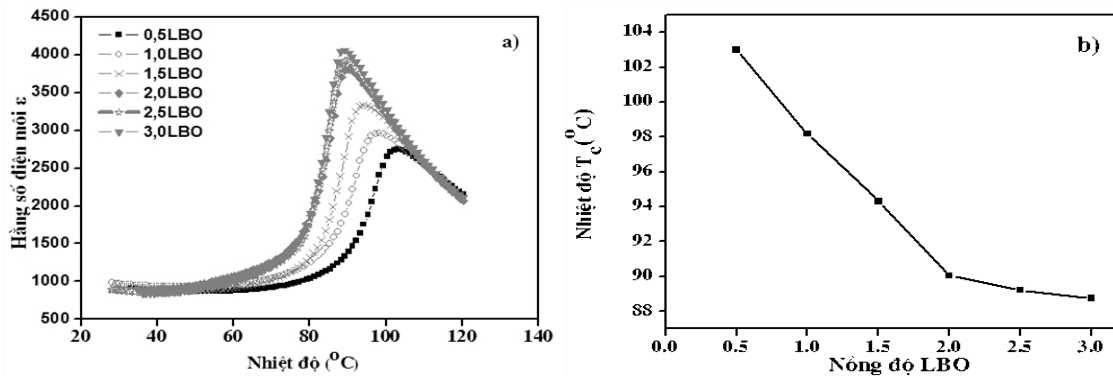
Kết quả nghiên cứu tính chất điện môi, sắt điện, áp điện của hệ gốm BaTiO₃ + x %kl LBO nung thiêu kết ở 1200 °C với x = (0,5 ÷ 3,0) tương ứng với ký hiệu 0,5LBO, 1,0LBO, 1,5LBO, 2,0LBO, 2,5LBO và 3,0LBO được so sánh với gốm BTT.

Mật độ của hệ gốm BaTiO₃ + x %kl LBO được thể hiện ở bảng 2. Thành phần gốm 0,5LBO tương ứng nồng độ 0,5 %kl LBO có mật độ thấp 5,2 g/cm³. Khi tăng nồng độ LBO thì mật độ gốm tăng và đạt giá trị lớn nhất tại nồng độ 1,0 %kl LBO (1,0LBO) với ρ = 5,76 g/cm³. Tuy nhiên, mật độ gốm của các mẫu giảm nhanh khi tiếp tục tăng nồng độ tạp.

Bảng 2. Mật độ gốm của mẫu BT

Mẫu	0,5LBO	1,0LBO	1,5LBO	2,0LBO	2,5LBO	3,0LBO
ρ (g/cm ³)	5,20	5,76	5,75	5,71	5,66	5,56

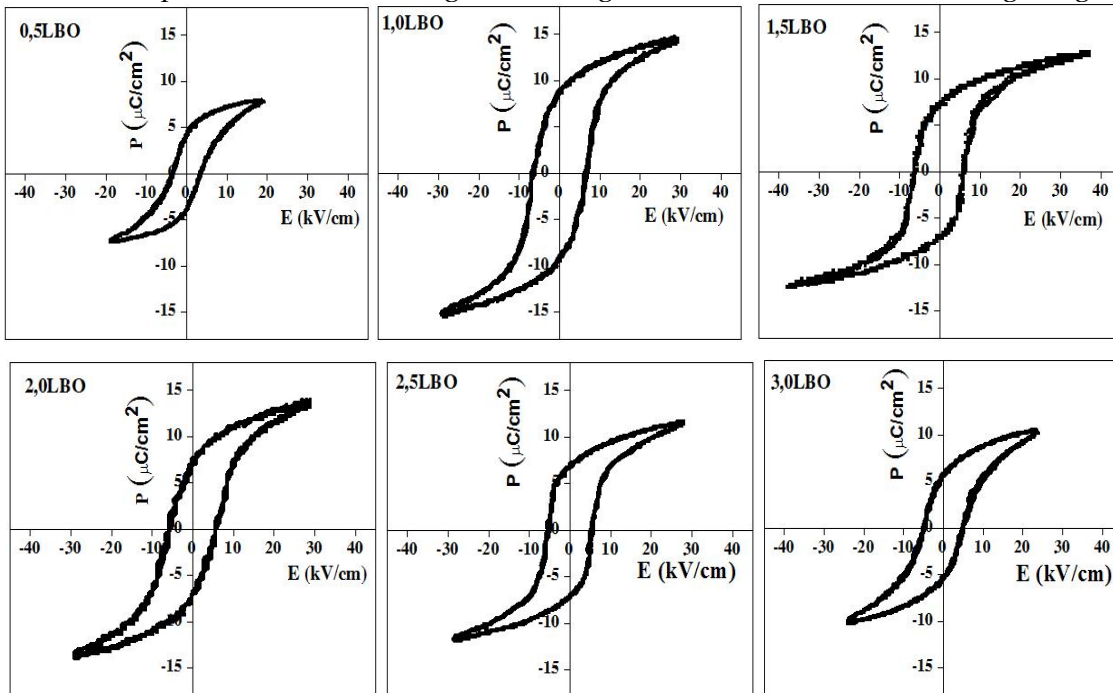
Chế tạo và nghiên cứu tính chất của gốm áp điện BaTiO₃ + x %LiBiO₂ thay thế cho các biến tử ...



Hình 5. Sự phụ thuộc của a) hằng số điện môi vào nhiệt độ đo tại 1kHz và b) sự phụ thuộc của nhiệt độ T_m vào nồng độ LBO

Hình 5a biểu diễn sự phụ thuộc của hằng số điện môi ϵ vào nồng độ LBO ở nhiệt độ phòng và đo tại 1kHz. Kết quả cho thấy khi tăng nồng độ LBO, hằng số điện môi tăng và đạt giá trị cực đại ứng mẫu 3,0LBO là $\epsilon = 3455$. Kết quả khảo sát cho thấy nhiệt độ $T_c = 103$ $^{\circ}\text{C}$ ứng mẫu 0,5LBO và giảm khi nồng độ LBO tăng (hình 5b). Sự giảm nhiệt độ T_c khi nồng độ tăng có thể do một lượng nhỏ tạp Lithium và Bismuth đi vào trong cấu trúc perovskite như Li^+ thay thế cho Ba^{2+} trong BaTiO_3 (tạp accepto). Do bán kính ion nhỏ, Li^+ cũng có thể xen kẽ vào các lỗ trống và một vài ion Bi^{3+} thay thế vị trí Ba^{2+} (tạp dono)[10, 12].

Hình 6 là đường trễ sắt điện của các mẫu được đo bằng phương pháp Sawyer-Tower. Các thành phần của hệ gốm đều có đường trễ dạng đặc trưng của các vật liệu sắt điện. Độ phân cực dư P_r , trường điện kháng E_c của các mẫu được cho trong bảng 3.



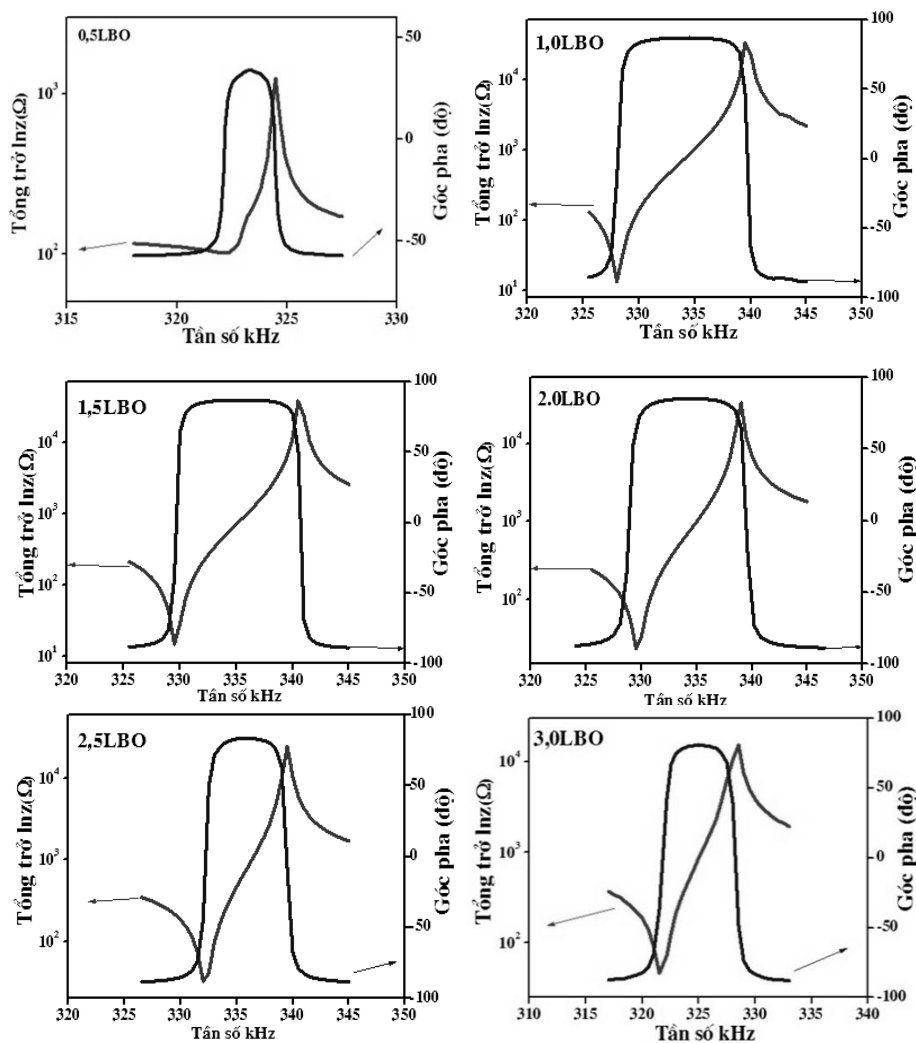
Hình 6. Dạng đường trễ các mẫu 1,0LBO, 1,5LBO, 2,0LBO, 2,5LBO, 3,0LBO

Bảng 3. Các thông số E_c và P_r của các mẫu

Mẫu	0,5LBO	1,0LBO	1,5LBO	2,0LBO	2,5LBO	3,0LBO	BTT
E_c (kV/cm)	3,56	6,59	6,15	5,83	5,37	5,05	5,67
P_r ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	4,42	8,96	7,33	7,16	6,97	5,76	7,51

Giá trị điện trường kháng E_c và phân cực dư P_r của các mẫu gốm phụ thuộc nồng độ LBO. Độ phân cực dư và điện trường kháng đạt giá trị cực đại ($8,96 \mu\text{C}/\text{cm}^2$; $6,59 \text{ kV}/\text{cm}$) ứng với mẫu 1,0LBO.

Để nghiên cứu tính chất áp điện, chúng tôi chế tạo mẫu theo hình dạng và kích thước phù hợp với chuẩn quốc tế về áp điện IRE 61 và IRE 87. Các mẫu được tạo điện cực và phân cực theo các phương thích hợp nhằm thu được các kiểu dao động tương ứng. Hình 7 là phổ cộng hưởng dao động theo phương radian của mẫu 0,5LBO, 1,0LBO, 1,5LBO, 2,0LBO, 2,5LBO, 3,0LBO.

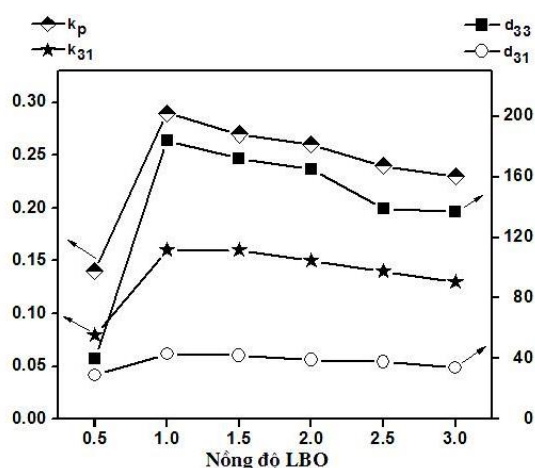
**Hình 7.** Phổ dao động cộng hưởng theo phương radian của các mẫu

Bảng 4. Một số thông số áp điện của hệ gốm BaTiO₃ + x %kl LBO

Mẫu	k _p	k ₃₁	d ₃₁ (pC/N)	d ₃₃ (pC/N)
0,5LBO	0,14	0,08	29	40
1,0LBO	0,29	0,16	43	184
1,5LBO	0,28	0,16	42	172
2,0LBO	0,26	0,15	39	165
2,5LBO	0,24	0,14	38	139
3,0LBO	0,23	0,13	34	137

Bảng 4 trình bày một số thông số áp điện cơ bản của các vật liệu BaTiO₃ + x %kl LBO. Nhóm vật liệu 0,5LBO có mật độ thấp và khó phân cực vì vậy có tính áp điện khá thấp k_p = 0,14, d₃₃ = 40 pC/N. Khi nồng độ chất cháy LBO tăng tương ứng thành phần 1,0LBO, gốm đạt mật độ lớn nhất, các thông số áp điện khá lớn k_p = 0,29, d₃₃ = 184 pC/N. Sau đó, các tính chất giảm xuống khi nồng độ LBO tăng như thể hiện trong bảng 4. Có thể thấy, tính chất áp điện của hệ gốm BaTiO₃ phụ thuộc mạnh vào hàm lượng tạp LBO. Tại nồng độ thấp hơn 1% khối lượng, hàm lượng tạp bổ sung không đủ hiệu quả để mẫu co ngót dẫn đến mật độ gốm thấp. Trong trường hợp nồng độ cao hơn 1 % khối lượng, LBO trong BaTiO₃ hình thành một pha nóng chảy nhiệt độ thấp (điểm nóng chảy của LBO là 650 °C) hỗ trợ quá trình thiêu kết. Trong quá trình thiêu kết pha lỏng, việc tăng cường quá trình mật độ hóa là kết quả của việc sắp xếp lại các hạt và vận chuyển vật chất qua pha lỏng[12]. Vì vậy, tại thành phần 1,0LBO đạt được mật độ tương đối lớn nhất, góp phần tăng tính chất áp điện của mẫu. Tuy nhiên, trên mức nồng độ LBO tối ưu (1% khối lượng), quá trình mật độ hóa giảm do pha lỏng dư thừa hình thành từ hàm lượng bổ sung LBO cao làm giảm mật độ gốm do sự phát triển của hạt và lỗ rỗng[12]. Kết quả làm giảm tính chất áp điện khi nồng độ LBO cao hơn 1% khối lượng.

Hình 8 biểu diễn sự phụ thuộc của hệ số áp điện d₃₃, d₃₁ và hệ số liên kết điện cơ k_p, k₃₁ theo nồng độ LBO. Các hệ số áp điện và hệ số liên kết điện cơ đạt giá trị lớn nhất ứng với mẫu 1,0LBO.



Hình 8. Sự thay đổi của hệ số áp điện d_{33} , d_{31} và hệ số liên kết điện cơ k_p , k_{31} theo nồng độ LBO

Tính chất áp điện của hệ gồm $\text{BaTiO}_3 + 1\% \text{kl LBO}$ đạt giá trị lớn nhất và tương đương với hệ gồm BaTiO_3 thiêu kết ở nhiệt độ $1350\text{ }^\circ\text{C}$. Kết quả khảo sát về tính chất điện môi, sắt điện, áp điện của hệ gồm $\text{BaTiO}_3 + 1\% \text{kl LBO}$ khẳng định, chất chảy LBO đã giảm nhiệt độ thiêu kết của hệ gồm BaTiO_3 về $1200\text{ }^\circ\text{C}$. Mẫu 1,0LBO có tính chất điện môi, sắt điện, áp điện cao hơn với mẫu biến tử thu.

4. KẾT LUẬN

Hệ gồm $\text{BaTiO}_3 + x\% \text{kl LBO}$ được chế tạo thành công bằng phương pháp truyền thống. Đã giảm nhiệt độ thiêu kết từ $1350\text{ }^\circ\text{C}$ xuống còn $1200\text{ }^\circ\text{C}$, nhưng các tính chất sắt điện, áp điện vẫn không thay đổi so với gốm BTT của biến tử thu. Kết quả khảo sát cho thấy tính chất điện môi tốt nhất tại mẫu 1,0LBO tương ứng với hằng số điện môi $\epsilon_m = 2497,85$ và $T_c = 98\text{ }^\circ\text{C}$. Hệ gồm có tính chất sắt điện, áp điện tốt: $P_r = 8,96\text{ }\mu\text{C}/\text{cm}^2$ và $E_c = 6,59\text{ kV}/\text{cm}$, $k_p = 0,29$, $k_{31} = 0,16$, $d_{33} = 185\text{ (pC/N)}$. Trong khi đó, gốm BTT có $T_c = 89\text{ }^\circ\text{C}$, $P_r = 7,51\text{ }\mu\text{C}/\text{cm}^2$ và $E_c = 5,67\text{ kV}/\text{cm}$, $k_p = 0,29$, $d_{33} = 172\text{ (pC/N)}$. Vật liệu $\text{BaTiO}_3 + 1\% \text{kl LBO}$ (1,0LBO) do chúng tôi chế tạo, hoàn toàn có thể thay thế cho các mẫu biến tử thu đã bị hư hỏng, không phục hồi được.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Đề tài nghiên cứu Khoa học và phát triển công nghệ Quốc gia “Nghiên cứu phát triển biến tử áp điện dùng để chế tạo các thiết bị siêu âm-thủy âm” mã số ĐTĐLCN.10/18 và đề tài “Khôi phục các thiết bị thủy âm” hợp tác giữa Khoa Vật lý và Viện Kỹ thuật Hải quân đã tài trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Hayashi, T. Inoue, Y. Nagashima, J. Tomizawa and Y. Akiyama (2001). Low-temperature sintering of PZT with LiBiO_2 as a sintering aid, *Ferroelectrics*, vol. 258, pp. 53-60.
- [2] R. Mazumder and A. Sen (2008). 'Ultra'-low-temperature sintering of PZT: A synergy of nano-powder synthesis and addition of a sintering aid, *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 28, pp. 2731-2737.
- [3] T. Hayashi, T. Hasegawa and Y. Akiyama (2004). Enhancement of Piezoelectric Properties of Low-Temperature-Fabricated $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbZrO}_3\text{-PbTiO}_3$ Ceramics with LiBiO_2 Sintering Aid by Post-Annealing Process, *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 43, pp. 6683-6688.
- [4] T. Hayashi, J. Tomizawa, T. Hasegawa and Y. Akiyama (2004). Low-temperature fabrication of $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{Zr}_{0.3}\text{Ti}_{0.7})\text{O}_3$ ceramics with LiBiO_2 as a sintering aid, *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 24, pp. 1037-1039.
- [5] S. Zhang, R. Xia and T. R. ShROUT (2006). Low temperature sintering and properties of piezoelectric ceramics PSNT-Mn with LiBiO_2 addition, *Materials Science and Engineering: B*, vol. 129, pp. 131-134.
- [6] W. Zhang and R. E. Eitel (2011). Low-Temperature Sintering and Properties of 0.98PZT-0.02SKN Ceramics with LiBiO_2 and CuO Addition, *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 94, pp. 3386-3390.
- [7] R.-h. Liang, W.-z. Zhang, M. Gao, L. Wang and X.-l. Dong (2013). Excellent electrostrictive properties of low temperature sintered PZT ceramics with high concentration LiBiO_2 sintering aid, *Ceramics International*, vol. 39, pp. 563-569.
- [8] J. Yi, S. Jiang, S. Liu, L. Zhang and J. He (2014). Effects of LiBiO_2 addition on the microstructure and piezoelectric properties of CuO-doped PNN-PZT ceramics, *Physica Status Solidi A*, vol. 211, pp. 2552-2557.
- [9] S. R. Sangawar and B. Praveenkumar (2017). Structural and electrical properties of low temperature sintered PZT ceramics, *Ferroelectrics*, vol. 517, pp. 66-74.
- [10] A. Patro (2010). "Dielectric Properties of Low-Temperature Sintered $0.5\text{Ba}(\text{Zr}_{0.2}\text{Ti}_{0.8})\text{O}_3 - 0.5(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$ Ceramics", Bachelor of Technology Ceramic Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Odisha-India.
- [11] M. JIANG, M. DENG, Z. YANG and Z. FU (2012). Structure and piezoelectric properties of $(1-x)\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3-x\text{LiBiO}_3$ lead-free piezoelectric ceramics, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 22, pp. s133-s137.
- [12] G. K. Sahoo (2015). "Synthesis and Characterization of Zr and Ca modified BaTiO_3 Ferroelectric Ceramics", Doctor of Philosophy, Ceramic Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Odisha, India.

**FABRICATION AND STUDY ON THE PROPERTIES OF $\text{BaTiO}_3 + x\% \text{ wt LiBiO}_2$
PIEZOELECTRIC CERAMICS TO REPLACE FOR PIEZOELECTRIC
TRANSDUCERS IN THE VGS-3 DIPPING SONAR SYSTEM**

Do Viet On*, Vo Thanh Tung, Truong Van Chuong

University of Sciences, Hue University

*Email: dovietonphysic@mail.com

ABSTRACT

VGS-3 dipping sonar system is composed of 24 piezoelectric transducer bars based on BaTiO_3 ceramic (BT), which are paired in parallel. To improve the dielectric, ferroelectric, piezoelectric properties, and enhance some physical properties of BTO ceramic, $\text{BaTiO}_3 + x\% \text{ wt LiBiO}_2$ (BT-xLBO) material has been researched, fabricated and used to replace the piezoelectric transducer in the sonar system. BT-xLBO ceramics were prepared at sintering temperature of 1200 °C by a conventional sintering method. The effects of LBO content (x) on density and electrical properties were investigated. BT-1.0LBO ceramic system exhibited the best dielectric and piezoelectric properties with electromechanical coupling coefficients $k_p = 0.29$, $k_{31} = 0.16$, a piezoelectric constant $d_{33} = 185$ (pC/N) and Curie temperature $T_c = 98$ °C. With good electrical properties, BT-1.0LBO is a promising material used to fabricate for new piezoelectric transducers and replacement for damaged piezoelectric transducers in sonar devices.

Keyword: Piezoelectric transducer, BaTiO_3 piezoelectric ceramic, LBO addition.

Chế tạo và nghiên cứu tính chất của gốm áp điện $BaTiO_3 + x \%LiBiO_2$ thay thế cho các biến tử ...



Đỗ Viết Ôn sinh ngày 10/11/1989 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2012, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Sư phạm Vật lý tại Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Năm 2015, ông tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Từ năm 2016, ông là nghiên cứu sinh tiến sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu áp điện, vật liệu nano....



Võ Thanh Tùng sinh ngày 17/07/1979 tại Quảng Bình. Năm 2001, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý Chất rắn tại Trường Đại học Tổng hợp Huế. Năm 2004, ông tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn. Năm 2009, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn tại Belarus. Năm 2015, ông được phong hàm PGS và hiện nay là Hiệu trưởng Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu áp điện, kỹ thuật siêu âm, mô phỏng lý thuyết, kỹ thuật vi xử lý và ứng dụng, xử lý tín hiệu số...



Trương Văn Chương sinh ngày 23/10/1956 tại Thừa Thiên Huế. Năm 1978, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý lý thuyết tại Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội. Năm 2002, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Khoa học vật liệu tại Viện khoa học vật liệu - Viện hàn lâm khoa học và công nghệ Việt nam. Từ năm 1978 đến nay, ông là giảng viên tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: gốm áp điện, thủy âm, vật liệu nano...