

ẢNH HƯỞNG CỦA CuO ĐẾN NHIỆT ĐỘ THIÊU KẾT CỦA HỆ GỐM KHÔNG CHÌ TRÊN CƠ SỞ KNN

Huỳnh Quang Việt*, Phan Đình Giở

Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

*Email: quangvietbh@gmail.com

TÓM TẮT

Gốm sắt điện không chì $0,96(K_{0,5}Na_{0,5})NbO_3 - 0,04LiNbO_3$ (KNN-LN) pha x %kl CuO đã được chế tạo theo công nghệ gốm truyền thống, sử dụng các hỗn hợp oxit và cacbonat, được thiêu kết ở trạng thái rắn thông thường. Ảnh hưởng của CuO đến nhiệt độ thiêu kết của hệ gốm đã được khảo sát. Kết quả thực nghiệm cho thấy nhiệt độ thiêu kết của hệ gốm đã giảm từ $1050^\circ C$ xuống $950^\circ C$ khi pha thêm 0,25 % kl CuO. Tại nhiệt độ thiêu kết này, tính chất điện môi, áp điện của hệ gốm có giá trị như sau: mật độ gốm $D = 4,14 \text{ g/cm}^3$, hằng số điện môi $\epsilon = 349$, tổn hao điện môi $tg\delta = 0.008$, hệ số liên kết điện cơ $k_p = 0,33$, $k_t = 0,43$ và hệ số phẩm chất $Q_m = 133$.

Từ khóa: Gốm áp điện không chì, Niobat Natri Kali, Niobat Liti, Đồng Oxit.

1. MỞ ĐẦU

Gốm áp điện trên nền chì zirconat titanat (PZT) đã được sử dụng rộng rãi trong việc sản xuất các thiết bị truyền động, cảm biến, các biến tử và trong các thiết bị điện cơ khác vì tính chất áp điện của hệ gốm này rất tốt. Tuy nhiên, trong các thành phần của gốm áp điện trên nền PZT thì lượng chì chiếm khá lớn, hơn 60 % khối lượng [6]. Vì chì là một vật liệu có độc tính cao và khả năng bay hơi của nó nhanh, nên trong quá trình thiêu kết nó sẽ giải phóng vào khí quyển gây ra ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường và sức khỏe con người. Do đó, nhu cầu thay thế chì trong lĩnh vực gốm áp điện là vấn đề rất cần thiết và đáng được quan tâm.

Rất nhiều công trình nghiên cứu về gốm áp điện không chì đã được thực hiện trong những năm gần đây, chẳng hạn như hệ Titanate Natri Bismut ($Bi_{0,5}Na_{0,5}$) TiO_3 , Titanate Bari ($BaTiO_3$) và các gốm trên cơ sở Niobat Natri Kali ($(K,Na)NbO_3$) [3], trong đó nổi bật nhất là hệ gốm áp điện trên nền $K_xNa_{1-x}NbO_3$ (KNN) (là một dung dịch rắn của chất sắt điện $KNbO_3$ và chất phản sắt điện $NaNbO_3$) với nhiều hứa hẹn bởi tính chất áp điện của nó tương đối tốt. Tuy nhiên, nhiệt độ thiêu kết của gốm trên cơ sở KNN khá cao (trên $1000^\circ C$) [5], khi đó các nguyên tố Natri, Kali bốc hơi trong quá trình thiêu kết, kết quả là giảm tính chất áp điện của vật liệu [3].

Để giảm nhiệt độ thiêu kết và cải thiện tính chất Vật lý của hệ gốm không chì trên cơ sở KNN, người ta có thể sử dụng nhiều vật loại hợp chất khác nhau để pha tạp cho nó như CuO, ZnO, Bi₂O₃, MnCO₃ [8-9-10-11-12].

Trong bài báo này chúng tôi trình bày một số kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của CuO đến nhiệt độ thiêu kết và một số tính chất vật lý của hệ gốm không chì KNN-LN.

2. THỰC NGHIỆM

Các mẫu gốm được chế tạo có công thức hoá học là $0,96(K_{0,5}Na_{0,5})NbO_3 - 0,04LiNbO_3 + x \text{ \%kl CuO}$ (với $x = 0 \div 0,3$) được tổng hợp từ các loại bột như K₂CO₃(99%), Na₂CO₃(99%), Li₂CO₃(99%), Nb₂O₅ (99,9%), CuO (99%).

Để thuận tiện trong quá trình khảo sát chúng tôi sử dụng các ký hiệu sau:

M0, M1, M2, M3, M4 tương ứng với mẫu pha tạp 0; 0,1; 0,2; 0,25; 0,3%kl CuO thiêu kết ở nhiệt độ 950 °C;

M3-900, M3-1000, tương ứng với mẫu pha tạp 0,25 %kl CuO thiêu kết ở nhiệt độ 900 °C, 1000 °C;

M0-1050 tương ứng với mẫu không pha CuO thiêu kết ở nhiệt độ 1050 °C.

Các thành phần của bột ban đầu được sấy ở 100 °C trong 2 giờ. Sau đó, chúng được cân theo tỷ lệ mong muốn, khuấy từ trong môi trường ethanol trong 10 giờ. Tiếp theo, ép sơ bộ ở áp lực 300 kG/cm² thành các viên có đường kính $d = 25 \text{ mm}$, tiến hành nung sơ bộ ở nhiệt độ 850 °C trong 2 giờ. Công đoạn này được thực hiện hai lần như nhau nhằm tạo được dung dịch rắn như mong muốn. Sau đó lại tiếp tục nghiền bằng tay 10 giờ. Sử dụng máy ép đơn trục, ép bột thành dạng đĩa có đường kính 12mm ở áp suất 1,5T/cm². Các viên đã được ép đem nung thiêu kết ở nhiệt độ 1050 °C, 1000 °C, 950 °C, 900 °C tương ứng trong 2 giờ. Các mẫu được xử lý bề mặt, được tạo điện cực bằng bạc và phân cực trong dầu cao áp với điện trường cỡ 3,5 – 4,0 kV/mm, nhiệt độ là 90 °C, thời gian phân cực là 30 phút.

Mật độ mẫu gốm được đo theo phương pháp Archimedes, pha cấu trúc của hệ gốm được đo từ máy nhiễu xạ tia X trên máy D8 ADVANCE và vi cấu trúc của hệ gốm được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét HITACHI S-4800 tại Đại học KHTN Hà Nội. Các tính chất áp điện của gốm được đo bằng cách sử dụng hệ đo tự động hóa RLC HIOKI 3532, HP 4193A. Đường trễ sắt điện được xác định bằng phương pháp Sawyer –Tawer.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát mật độ gốm

Chúng tôi sử dụng phương pháp Archimedes để xác định mật độ gốm của hệ mẫu. Mẫu gốm sau khi được cân khô (khối lượng m_1) bằng cân điện tử HR-200 có độ chính xác 10^{-4} g, được cân lại trong môi trường ethanol (khối lượng là m_2). Mật độ gốm của mẫu được xác định bởi công thức:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} D_{ethanol}$$

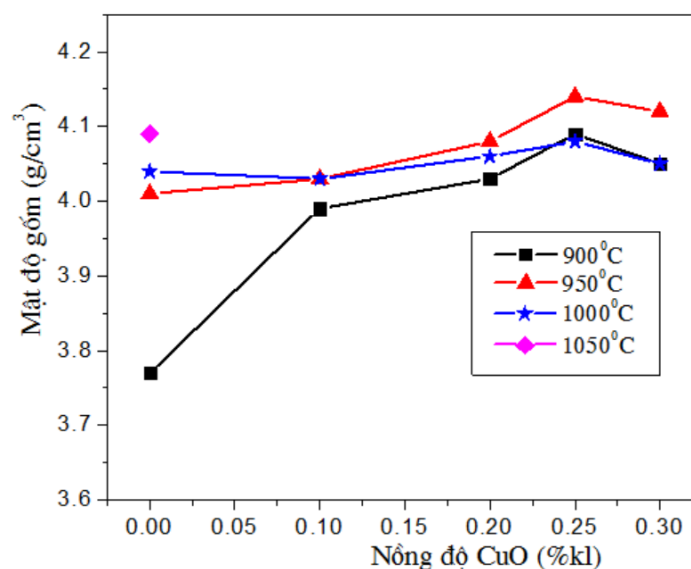
Trong đó $D_{ethanol} = 0,791\text{g/cm}^3$ là tỷ trọng của ethanol.

Kết quả khảo sát được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Giá trị trung bình mật độ gốm của các mẫu KNN-LN + x %kl CuO thiêu kết ở các nhiệt độ 900 °C, 950 °C, 1000 °C.

Mẫu	M0	M1	M2	M3	M4
$\bar{\rho} \text{ (g/cm}^3\text{)} - \text{TK } 900^\circ\text{C}$	3,77	3,99	4,03	4,09	4,05
$\bar{\rho} \text{ (g/cm}^3\text{)} - \text{TK } 950^\circ\text{C}$	4,01	4,03	4,08	4,14	4,12
$\bar{\rho} \text{ (g/cm}^3\text{)} - \text{TK } 1000^\circ\text{C}$	4,04	4,03	4,06	4,08	4,05
$\bar{\rho} \text{ (g/cm}^3\text{)} - \text{TK } 1050^\circ\text{C}$	4,09				

Từ bảng 1, sự phụ thuộc của mật độ gốm vào nồng độ CuO của hệ KNN-LN thiêu kết ở các nhiệt độ khác nhau được biểu diễn ở hình 1.



Hình 1. Đồ thị sự phụ thuộc mật độ gốm vào nồng độ CuO của gốm KNN-LN thiêu kết tại các nhiệt độ khác nhau.

Như đã thấy, mật độ gốm là một hàm của nồng độ CuO và nhiệt độ thiêu kết. Mật độ gốm gia tăng khi nồng độ CuO và nhiệt độ thiêu kết tăng, đạt giá trị cực đại $4,14\text{g/cm}^3$ tại nhiệt độ thiêu kết 950°C và tại nồng độ CuO là $0,25\text{ \%kl}$, sau đó giảm. Từ bảng 1 cho thấy với mẫu không pha CuO (M0-1050) để có được mật độ gốm trung bình $4,09\text{ g/cm}^3$, gốm phải được thiêu kết ở nhiệt độ khá cao 1050°C .

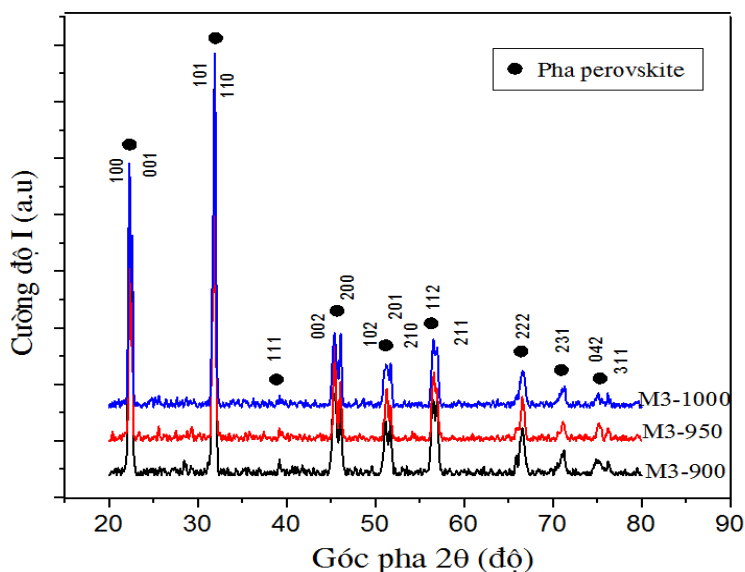
Như đã biết, nhiệt độ nóng chảy của CuO khá cao ($> 1210^\circ\text{C}$), riêng bản thân nó không thể tạo ra pha lỏng ở nhiệt độ thấp được. Tuy nhiên, khi pha CuO vào trong hệ nền trên cơ sở KNN, CuO phản ứng với Nb_2O_5 tạo nên pha lỏng liên quan tới hợp chất $\text{CuO-Nb}_2\text{O}_5$ thúc đẩy hoạt động thiêu kết. Sự khuếch tán các ion Cu^{2+} vào mạng dễ dàng, do đó vật liệu có thể thiêu kết ở một nhiệt độ khá thấp so với khi không có chất chảy [7].

Kết quả trên cho thấy rằng CuO hoàn toàn có khả năng làm giảm nhiệt độ thiêu kết và gia tăng mật độ của gốm trên cơ sở KNN. Nhiệt độ thiêu kết của gốm đã giảm từ 1050°C xuống còn 950°C , tức đã giảm 100°C so với mẫu không pha CuO. Kết quả này phù hợp với công trình của nhóm tác giả Enzhu Li và cộng sự [7].

3.2. Kết quả khảo sát cấu trúc

Để khảo sát cấu trúc của vật liệu gốm chế tạo được chúng tôi sử dụng phương pháp nhiễu xạ tia X để phân tích cấu trúc pha của các mẫu thiêu kết ở các nhiệt độ khác nhau: 900°C , 950°C và 1000°C .

Từ giản đồ trên hình 2 cho thấy, các mẫu gốm đều có cấu trúc trực thoi, đơn pha perovskite, không phát hiện pha thứ hai. Như vậy nhiệt độ thiêu kết ít ảnh hưởng đến pha cấu trúc của gốm KNN-LN. Ta biết bán kính của ion K^+ , Na^+ , Cu^{2+} và Nb^{5+} lần lượt là $1,38\text{ \AA}$, $1,02\text{ \AA}$, $0,73\text{ \AA}$ và $0,64\text{ \AA}$. Ta thấy bán kính của ion Cu^{2+} xấp xỉ bằng bán kính ion Nb^{5+} nên khả năng ion Cu^{2+} đã đi vào vị trí B thay thế vị trí ion Nb^{5+} trong cấu trúc ABO_3 [11] [13].

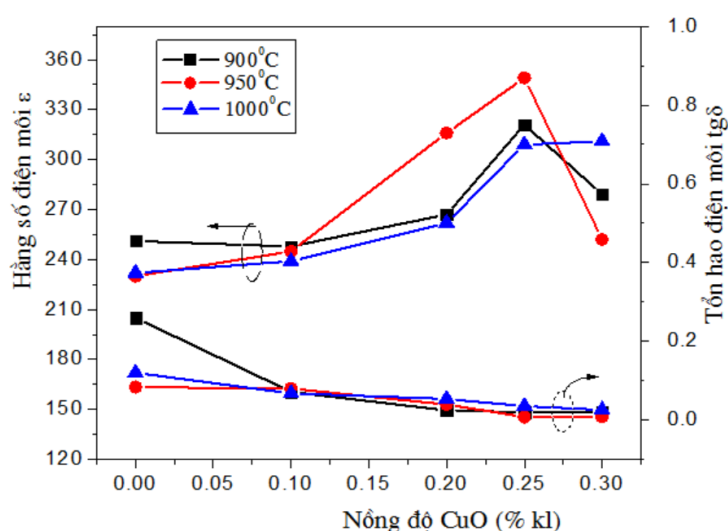


Hình 2. Giản đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu M3-900, M3-950, M3-1000.

3.3. Kết quả khảo sát tính chất điện môi

3.3.1. Hằng số điện môi ở nhiệt độ phòng

Trên hình 3 là kết quả khảo sát sự phụ thuộc của hằng số điện môi ϵ và tổn hao điện môi tg δ đo tại nhiệt độ phòng và tại tần số 10 kHz theo nồng độ CuO của gốm được thiêu kết tại các nhiệt độ khác nhau.

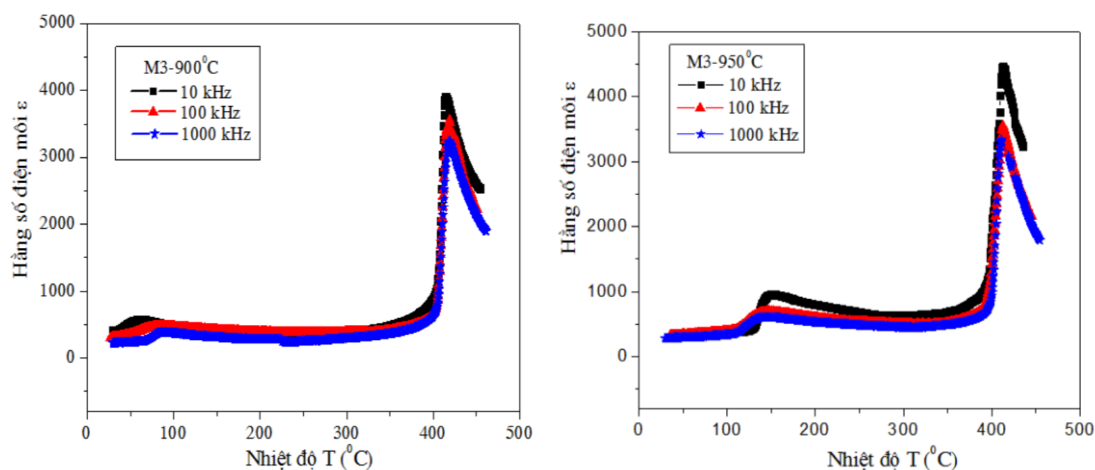


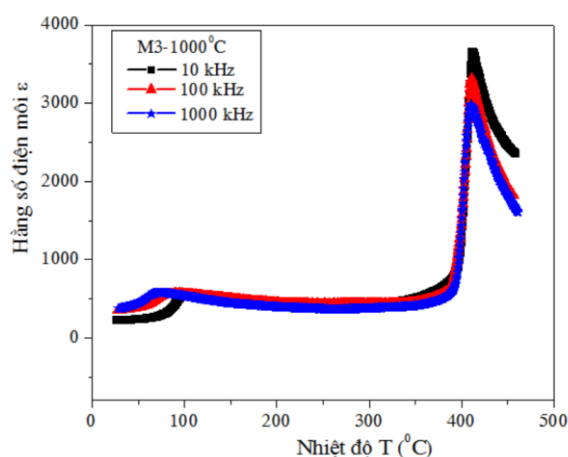
Hình 3. Sự phụ thuộc của hằng số điện môi ϵ và tổn hao điện môi theo nồng độ CuO của gốm thiêu kết tại các nhiệt độ khác nhau.

Hình 3 cho thấy hằng số điện môi ϵ và tổn hao điện môi tg δ là một hàm của nồng độ CuO và nhiệt độ thiêu kết. Tại nhiệt độ thiêu kết 950 °C và nồng độ CuO là 0,25 %kl, hằng số điện môi có giá trị lớn nhất (349), trong khi tổn hao điện môi có giá trị nhỏ nhất (0,008).

3.3.2. Sự phụ thuộc của hằng số điện môi theo nhiệt độ và tần số

Để khảo sát sự phụ thuộc của hằng số điện môi theo nhiệt độ và tần số, chúng tôi sử dụng thiết bị LCR HIOKI 3532 với chương trình đo tự động hoá để đo điện dung C_s của mẫu M3 thiêu kết ở các nhiệt độ khác nhau. Kết quả cho ở hình 4.



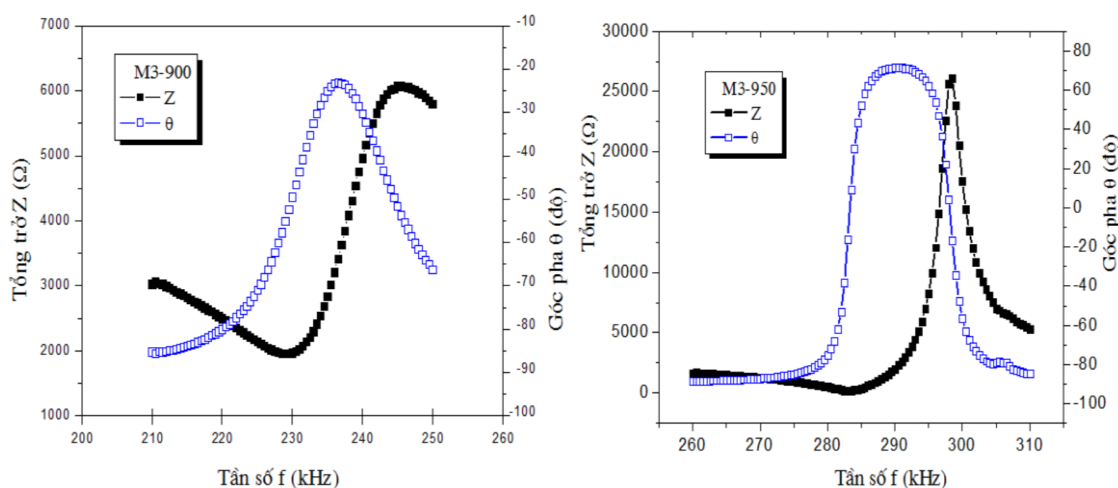


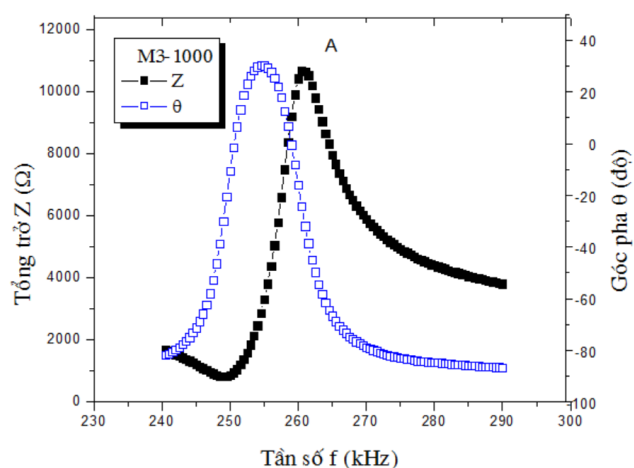
Hình 4. Đồ thị sự phụ thuộc của hằng số điện môi ϵ' theo nhiệt độ và tần số của mẫu M3 thiêu kết ở các nhiệt độ 900 °C, 950 °C, 1000 °C

Hình 4 biểu diễn sự phụ thuộc của hằng số điện môi ϵ' theo nhiệt độ đo tại các tần số 10 kHz, 100 kHz, 1000 kHz của mẫu KNN-LN + 0,25%kl CuO thiêu kết ở các nhiệt độ 900 °C, 950 °C, 1000 °C. Kết quả cho thấy hằng số điện môi gần như không phụ thuộc vào tần số. Với sắt điện relaxor, khi tần số tăng thì đỉnh cực đại của hằng số điện môi giảm và dịch chuyển về phía nhiệt độ cao. Tuy nhiên ở đây khi tần số đo gia tăng thì đỉnh hằng số điện môi gần như ít thay đổi theo nhiệt độ. Bên cạnh đó kết quả cũng cho thấy đỉnh của hằng số điện môi sắc nét. Điều này chứng tỏ gốm KNN-LN pha tạp CuO là sắt điện thường [1].

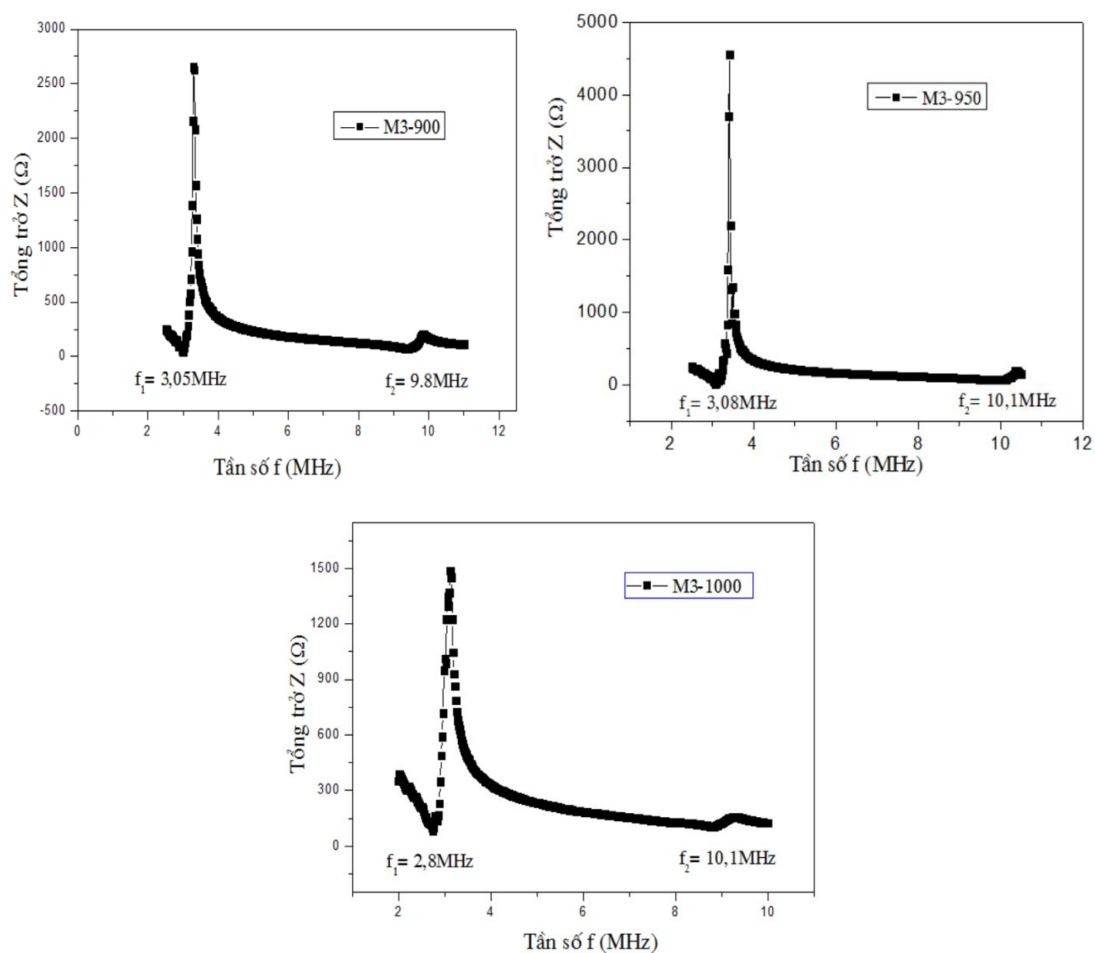
3.4. Tính chất áp điện của hệ gốm

Chúng tôi sử dụng các thiết bị đo RLC HIOKI 3532 và Impedance HP – 4193A để đo phổ cộng hưởng của dao động theo phương bán kính và dao động theo bề dày của các mẫu M3-900, M3-950, M3-1000.





Hình 5. Phổ dao động cộng hưởng radian của hệ gồm KNN-LN + 0,25 %kl CuO thiêu kết ở các nhiệt độ 900 °C, 950 °C, và 1000 °C.



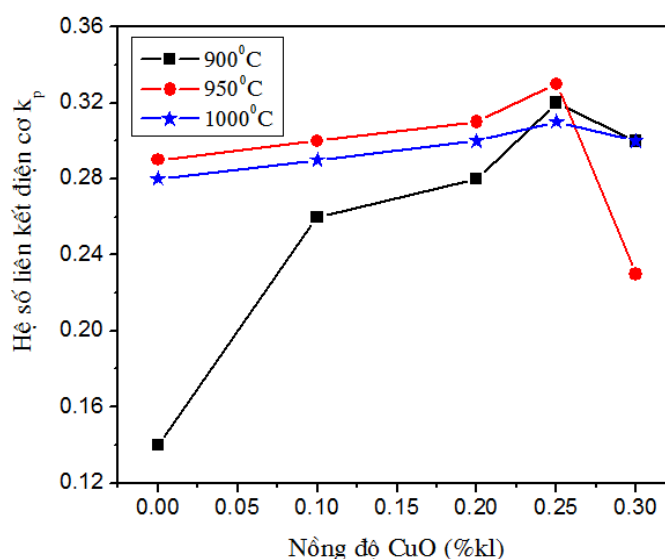
Hình 6. Phổ dao động cộng hưởng theo bề dày của hệ gồm KNN-LN+ 0,25 %kl CuO thiêu kết ở các nhiệt độ 900 °C, 950 °C, và 1000 °C.

Từ kết quả đo phổ trên, chúng tôi xác định được các tần số f_1 , f_2 và hệ số liên kết điện cơ k_p , k_t như ở bảng 2.

Bảng 2. Giá trị hệ số liên kết điện cơ k_p , k_t của hệ gốm KNN-LN + 0,25 %kl CuO thiêu kết ở nhiệt độ 900, 950, và 1000 °C.

Mẫu	Z_m (Ω)	f_s (kHz)	f_p (kHz)	k_p	$\bar{k}_p$	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	k_t	$\bar{k}_t$	Nhiệt độ TK(°C)
M31	742	254,1	266	0,33	0,32	2,47	8,00	0,44	0,47	900
M32	858	245,4	255,5	0,31		2,60	8,56	0,47		
M33	664	244,2	254,5	0,32		2,53	8,48	0,51		
M31	203	281,67	294	0,32	0,33	3,30	10,64	0,43	0,43	950
M32	195	283,19	298,5	0,36		3,08	10,10	0,46		
M33	289	266,71	278,5	0,32		3,90	12,48	0,41		
M31	829	251,2	260,5	0,29	0,31	2,68	8,91	0,49	0,48	1000
M32	557	263,1	276	0,34		2,89	9,7	0,51		
M33	1089	235,5	244	0,29		2,74	8,92	0,45		

Từ bảng 3 ta vẽ được đồ thị như hình 7.



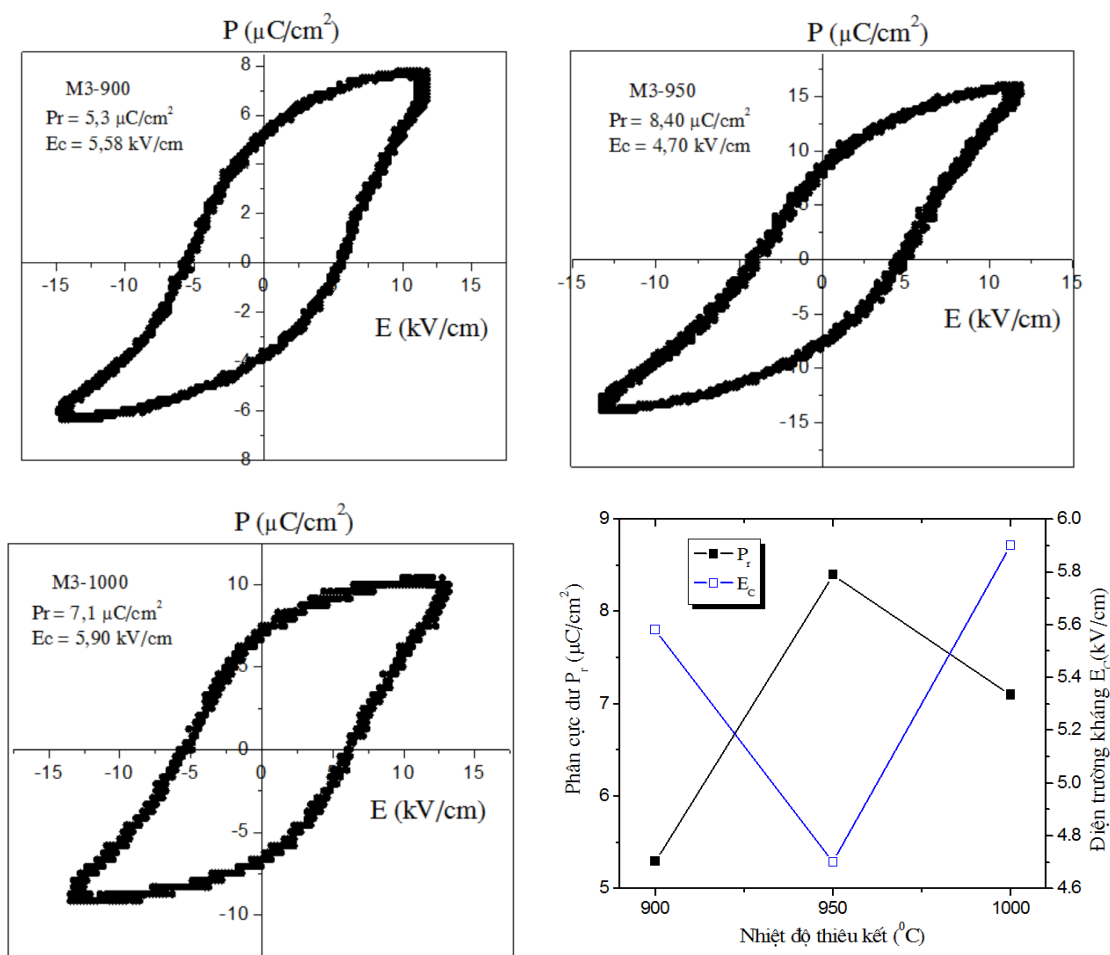
Hình 7. Sự phụ thuộc của hệ số liên kết điện cơ k_p vào nồng độ CuO của gốm KNN-LN + x %kl CuO thiêu kết ở 900 °C, 950 °C, 1000 °C.

Từ hình 7 ta thấy ở nhiệt độ thiêu kết 950 °C ứng với nồng độ CuO x = 0,25 % thì gốm có tính chất áp điện tốt nhất: k_p = 0,33, k_t = 0,43.

Năm 2015, tại Bộ môn Vật lý chất rắn ĐH Khoa học Huế nhóm tác giả Nguyễn Thị Kiều Liên và Phan Đình Giở khảo sát tính chất áp điện của hệ gốm KNN-LN thiêu kết ở 1050 °C trong 2 giờ cho kết quả k_p = 0,13, k_t = 0,45 [2]. Như vậy kết quả nghiên cứu của chúng tôi có giá trị k_p cao hơn so với công trình trên đồng thời đã hạ thấp nhiệt độ thiêu kết của hệ gốm KNN-LN.

3.5. Tính chất sắt điện của hệ gốm

Chúng tôi xác định tính chất sắt điện của gốm bằng cách khảo sát dạng đường trễ sắt điện dựa vào phương pháp Sawyer – Tower. Trên hình 8 là dạng đường trễ sắt điện của các mẫu KNN-LN + 0,25 %kl CuO thiêu kết ở nhiệt độ 900 °C, 950 °C, 1000 °C.



Hình 8. Dạng đường trễ sắt điện của các mẫu gốm KNN-LN + 0,25 %kl CuO thiêu kết ở nhiệt độ 900, 950, và 1000 °C

Hình 9. Sự phụ thuộc của phân cực dư P_r và điện trường kháng E_c vào nhiệt độ thiêu kết của gốm KNN-LN + 0,25 %kl CuO

Từ đường trễ sắt điện như trên hình 8 ta xác định được các thông số sắt điện, trường điện kháng E_c và độ phân cực dư P_r (bảng 3)

Bảng 3. Trường điện kháng E_c và độ phân cực dư P_r của các mẫu gốm KNN-LN + 0,25 %kl CuO thiêu kết ở nhiệt độ 900 °C, 950 °C, và 1000 °C.

Nhiệt độ thiêu kết (°C)	900	950	1000
E_c (kV/cm)	5,58	4,7	5,9
P_r ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	5,3	8,4	7,1

Từ bảng 3 và hình 9 cho ta thấy độ phân cực dư P_r tăng khi tăng nhiệt độ thiêu kết và đạt giá trị cao nhất tại nhiệt độ 950 °C ($P_r = 8,4 \mu\text{C}/\text{cm}^2$), nếu tiếp tục tăng nhiệt độ thiêu kết thì

độ phân cực dư giảm. Tuy nhiên giá trị điện trường kháng lại giảm khi tăng nhiệt độ thiêu kết đạt giá trị nhỏ nhất ứng với nhiệt độ thiêu kết 950 °C ($E_c = 4,7$ kV/cm), sau đó lại tăng khi tiếp tục tăng nhiệt độ thiêu kết.

Các kết quả nghiên cứu tính chất sắt điện hoàn toàn phù hợp với các kết quả nghiên cứu tính chất áp điện.

IV. KẾT LUẬN

Qua thời gian nghiên cứu ảnh hưởng của CuO đến nhiệt độ thiêu kết của hệ gốm không chì trên cơ sở KNN, chúng tôi đã đạt được những kết quả như sau:

- Chế tạo thành công hệ gốm áp điện: $0,96(K_{0,5}Na_{0,5})NbO_3 - 0,04LiNbO_3 + x$ %kl CuO.

Với $x = 0; 0,1; 0,2; 0,25$ và $0,3$ bằng phương pháp gốm truyền thống.

- Hệ gốm đã chế tạo có cấu trúc perovskite, đơn pha.

- CuO đã cải thiện khả năng thiêu kết của hệ gốm KNN-LN và gây ra sự gia tăng mật độ gốm tại nhiệt độ thiêu kết thấp. Với nồng độ 0,25 %kl CuO, nhiệt độ thiêu kết của gốm đã giảm từ 1050 °C xuống còn 950 °C. Như vậy nhiệt độ thiêu kết của gốm đã giảm 100 °C so với mẫu không có CuO.

- CuO đã ảnh hưởng đến cấu trúc và các tính chất điện của hệ gốm. Các thông số đặc trưng cho tính chất điện môi, áp điện của vật liệu đạt giá trị tốt nhất ứng với mẫu có nồng độ CuO là 0,25 %kl, thiêu kết tại nhiệt độ 950 °C. Cụ thể là: hằng số điện môi $\epsilon = 349$, $d_{31} = 40$ pC/N, hệ số áp điện $k_p = 0,33$, $k_t = 0,43$ và hệ số phẩm chất cơ học $Q_m = 133$, điện trường kháng $E_c = 4,7$ (kV/cm) và phân cực dư $P_r = 8,4$ ($\mu C/cm^2$).

Qua khảo sát ở trên ta thấy nhiệt độ thiêu kết tối ưu của hệ gốm KNN-LN + x %kl CuO là 950 °C.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Võ Duy Dân (2010). "Vật liệu điện môi và ứng dụng", NXB Đại học Huế.
- [2]. Nguyễn Thị Kiều Liên, Phan Đình Giở (2015). Nghiên cứu cấu trúc và tính chất áp điện của hệ gốm không chì trên nền $(K,Na)NbO_3$ (KNN) pha tạp $LiNbO_3$. *Tuyển tập Hội nghị Vật lý Thừa Thiên Huế 2015*, trang 27-34.
- [3]. Jaeger, R. E. and Egerton, L, J. Am (1962). *Ceram. Soc*, Vol 45, , pp.209 - 213.
- [4]. Rongxia Huang (2010). Low-Temperature Sintering of CuO - Doped $0,94(K_{0,48}Na_{0,53})NbO_3 - 0,06LiNbO_3$ Lead-Free Piezoelectric Ceramics, *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol.93, Iss.12, pp.4018–4021.
- [5]. S. Priya and S. Nahm (2012). Lead-Free Piezoelectrics, *Ch. 4. Springer*, NewYork, NY.

- [6]. Dae-Hyeon Kim, Mi-Ri Joung, In-Tae Seo, Joon Hur (2014). Low-Temperature Sintering and Piezoelectric Properties of CuO-Added KNbO_3 Ceramics, *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol.97 Iss.12, pp.3897–3903.
- [7]. Enzhu Li, Hirofumi Kakemoto, Satoshi Wada, and Takaaki Tsurumi (2007). Influence of CuO on the Structure and Piezoelectric Properties of the Alkaline Niobate-Based Lead-Free Ceramics, *The American Ceramic Society, J. Am. Ceram. Soc.*, Vol.90, Iss.6, pp.1787–1791.
- [8]. Hwi-Yeol Park (2008). Effect of CuO on the sintering temperature and piezoelectric properties of lead-free $0.95(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - 0.05\text{CaTiO}_3$ ceramics, *Materials Research Bulletin* Vol.43, pp.3580–3586.
- [9]. Leandro Alfredo Ramajo, Jonathan Taub, Miriam Susana Castro (2014). Effect of ZnO Addition on the Structure, Microstructure and Dielectric and Piezoelectric Properties of $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$ Ceramics. *Materials Research*.
- [10]. Shi Su (2013). The phase structure and electric properties of low-temperature sintered $(\text{K},\text{Na})\text{NbO}_3$ - based piezoceramics modified by CuO, *Ceramics International* Vol.40-pp.2927–2931 .
- [11]. Y. Takeru, H. Yuji, A. Rintaro, N. Hajime, and T. Tadashi (2006). Processing and Electrical Properties of KNbO_3 Ferroelectric Dense Ceramics Added with Small Amount of Bi_2O_3 and MnCO_3 , *Key Engineer. Mater.* Vol.301, pp.19–22.
- [12]. Hua Wang (2013). Effects of CuO doping on the structure and properties lead-free KNN-LS piezoelectric ceramics, *Springer Science+Business Media* New York.
- [13]. Jia-Jun Zhou, Li-Qian Cheng, Ke Wang, Xiao-Wen Zhang, Jing-Feng Li, Hong Liu, JingZhong Fang (2013). The phase structure and electric properties of low-temperature sintered $(\text{K},\text{Na})\text{NbO}_3$ - based piezoceramics modified by CuO, *Available online* 10 October 2013.

EFFECT OF CuO ON THE SINTERING TEMPERATURE OF KNN- BASED LEAD FREE CERAMICS

Huynh Quang Viet*, Phan Dinh Gio

Department of Physics, Hue University College of Sciences

*Email: quangvietbh@gmail.com

ABSTRACT

The $0.96(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3 - 0.04LiNbO_3$ (KNN-LN) doped x wt% CuO lead-free piezoelectric ceramics were synthesized by conventional ceramics processes, using oxides and carbonates mixtures, sintered in the solid state. The effect of CuO on the sintering temperature of KNN-LN ceramics was studied. Experimental results showed that the sintering temperature of ceramics was reduced from $1050^{\circ}C$ down to $950^{\circ}C$ when 0.25wt% CuO doped KNN-LN. At this sintering temperature, the dielectric and piezoelectric properties of ceramics are the best: the density of 4.13 g/cm^3 ; the dielectric constant, $\varepsilon = 349$, dielectric loss $\tan\delta = 0.008$, the planar electromechanical coupling factor $k_p = 0.33$, $k_t = 0.43$ and mechanical quality factor $Q_m = 133$.

Keywords: Lead-Free piezoceramics, Niobat Natri Kali, Niobat Liti, copper oxide.