

CẤU TRÚC, VI CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT QUANG CỦA HỆ GỐM KNN-SZN

Phan Đình Giỏi*, Bùi Thị Bích Hợp

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

*Email: pdg_55@yahoo.com

Ngày nhận bài: 5/8/2019; ngày hoàn thành phản biện: 8/8/2019; ngày duyệt đăng: 14/7/2020

TÓM TẮT

Hệ gốm $(1-x)\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{NbO}_3-x\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (viết tắt là KNN- xSZN) với $x = 0,0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10$, đã được chế tạo theo công nghệ gốm truyền thống. Ảnh hưởng của nồng độ SZN đến cấu trúc, vi cấu trúc và tính chất quang của hệ gốm đã được nghiên cứu chi tiết. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi gia tăng nồng độ SZN, cấu trúc của hệ gốm đã biến đổi từ đối xứng trực thoi sang cấu trúc giả lập phương, mật độ gốm gia tăng và đạt giá trị cao nhất ($4,37 \text{ g/cm}^3$) tại nồng độ $x = 0,06 \text{ mol}$, bên cạnh đó, kích thước hạt của gốm giảm, vi cấu trúc đồng đều hơn, các hạt xếp chặt, ít lỗ xốp, đặc biệt ở nồng độ $x = 0,06 \text{ mol}$. Tương ứng với vi cấu trúc dày đặc với các hạt nhỏ mịn, độ truyền qua quang học của mẫu gốm có nồng độ $x = 0,06 \text{ mol}$ đạt cao nhất ($T = 24,3\%$) ứng với ánh sáng có bước sóng 680 nm và có độ rộng vùng năng lượng cấm lớn nhất ($E_g = 2,98 \text{ eV}$)

Từ khóa: Cấu trúc, vi cấu trúc, tính chất quang, KNN- SZN.

1. MỞ ĐẦU

Gốm áp điện là một trong những vật liệu tiên tiến có vai trò rất quan trọng trong khoa học kỹ thuật và thực tiễn. Hầu hết chúng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật khác nhau tùy thuộc vào các hiệu ứng tồn tại trong vật liệu như hiệu ứng áp điện, sắt điện, hỏa điện v.v.

Hơn nửa thế kỉ qua, các hệ gốm áp điện được chế tạo và ứng dụng chủ yếu là các hệ gốm trên cơ sở $(\text{Pb,Zr})\text{TiO}_3$ (PZT) [1]. Chúng đều có chứa một lượng lớn chì (trên 60% khối lượng), tính độc của chì và sự bay hơi cao của nó trong quá trình chế tạo đã làm ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Để bảo vệ môi trường, nhiều quốc gia đã đưa ra yêu cầu là tất cả các sản phẩm điện tử mới phải không chứa chì [2]. Vì vậy cần phát triển các gốm áp điện không chứa chì với tính chất sắt điện, áp điện hoàn hảo để có thể thay thế các gốm trên cơ sở chì trong nhiều thiết bị

khác nhau. Do đó vấn đề cấp thiết mang tính thời sự trên thế giới hiện nay là nghiên cứu và tìm kiếm các hệ gốm áp điện không chứa chì để thay thế hệ gốm trên cơ sở PZT. Đã có nhiều công trình được công bố, nhiều hệ gốm áp điện không chì đã được phát hiện có thể thay thế PZT trong phạm vi ứng dụng như: Bari Titanat BaTiO_3 (BT) [3], Bismut Natri Titanat $(\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{TiO}_3$ (BNT) [4] và Kali Natri Niobat $(\text{K,Na})\text{NbO}_3$ (KNN) [5, 6].

Trong đó, hệ gốm áp điện trên cơ sở $(\text{K,Na})\text{NbO}_3$ (KNN) đã đem lại một số đặc tính áp điện tương đối tốt, đặc biệt ở lân cận biên pha hình thái học và có triển vọng trong ứng dụng. Đồng thời với một số biến tính hóa học, hệ gốm đã cho kết quả tốt hơn về các tính chất điện môi, sắt điện và áp điện [7, 8]. Hiện nay có nhiều công trình nghiên cứu về vật liệu này nhưng chỉ tập trung nghiên cứu các tính chất điện, còn tính chất quang của vật liệu ít được đề cập. Các loại gốm sắt điện không chì trong suốt là loại vật liệu chức năng mới thân thiện với môi trường. Với nhiều ưu điểm vượt trội về tính chất quang, chúng có khả năng sẽ là vật liệu chính cho công nghệ thông tin, máy tính và điện tử, quốc phòng, ứng dụng quân sự trong tương lai [9, 10]. Ngoài ra, hầu hết gốm sắt điện trong suốt có khả năng lưu trữ năng lượng cao và độ truyền qua cao. Tuy nhiên hiện nay ở trong nước hầu như chưa có công trình nghiên cứu chi tiết liên quan đến tính chất quang của vật liệu gốm sắt điện nói chung và hệ gốm sắt điện trên nền KNN nói riêng.

Trong bài báo này chúng tôi trình bày một số kết quả bước đầu về chế tạo, nghiên cứu cấu trúc, vi cấu trúc và tính chất quang của vật liệu gốm đa thành phần $(1-x)\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{NbO}_3-x\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$.

2. THỰC NGHIỆM

Các mẫu gốm được chế tạo có công thức hoá học là $(1-x)\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{NbO}_3-x\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (viết tắt là KNN- x SZN) với $x = 0,0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10$, được tổng hợp từ các oxit và muối cacbonat K_2CO_3 (99%), Na_2CO_3 (99%), Nb_2O_5 (99%), ZnO (99%), SrCO_3 (99%)

Các thành phần của phối liệu ban đầu được sấy ở 150°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, nghiền 8 giờ và ép ở áp lực 300 kg/cm^2 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 hợp thức đồng nhất. Sau đó lại tiếp tục nghiền bằng máy nghiền bi trong 16 giờ. Sử dụng máy ép đơn trục, ép hỗn hợp bột thành dạng đĩa có đường kính 12 mm với áp lực $1,5 \text{ T/cm}^2$. Các viên đã được ép đem nung thiêu kết với nhiệt độ 1140°C trong 2 giờ. Các mẫu được xử lý bề mặt, phủ điện cực và tiến hành khảo sát các tính chất của gốm. Các mẫu được sử dụng để đo tính chất

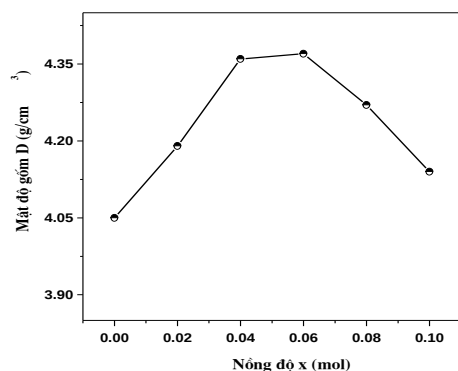
quang được mài bóng đến độ dày cỡ 0,5 mm, còn các mẫu phủ điện cực được sử dụng để đo các tính chất điện.

Mật độ mẫu gốm được đo theo phương pháp Archimedes, cấu trúc của hệ gốm được phân tích bằng máy nhiễu xạ tia X D8 ADVANCE và vi cấu trúc của hệ gốm được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét HITACHI S- 4800 tại Viện Vật lý Hà Nội. Để đo phổ truyền qua của hệ gốm, chúng tôi sử dụng phổ kế Genesys 10S UV- Vis tại khoa Vật lý, trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

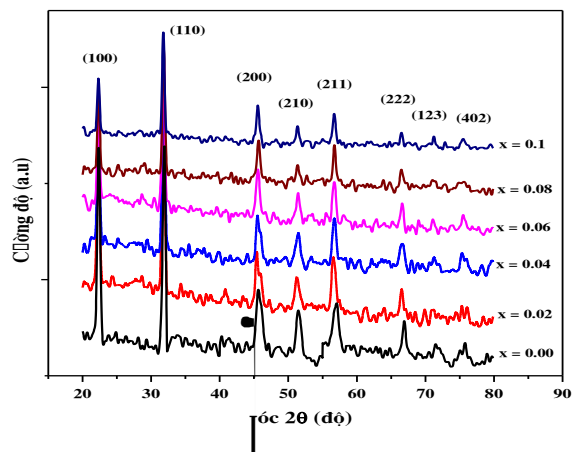
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát mật độ gốm KNN- x SZN

Trên hình 3.1 là kết quả xác định mật độ gốm của các mẫu KNN- x SZN với nồng độ x thay đổi từ 0 đến 0,1 mol.



Hình 3.1. Sự phụ thuộc của mật độ gốm KNN- x SZN vào nồng độ SZN



Hình 3.2. Giản đồ nhiễu xạ tia X của hệ gốm KNN- x SZN với các nồng độ: $x = 0,00, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$

Kết quả cho thấy tương ứng với nồng độ SZN tăng, mật độ gốm của hệ KNN- x SZN gia tăng mạnh đạt giá trị cực đại (4,37 g/cm³) tại nồng độ $x = 0,06$ mol, sau đó giảm. Kết quả này có thể giải thích dựa vào ảnh vi cấu trúc của hệ gốm (hình 3.3).

3.2. Cấu trúc của hệ gốm

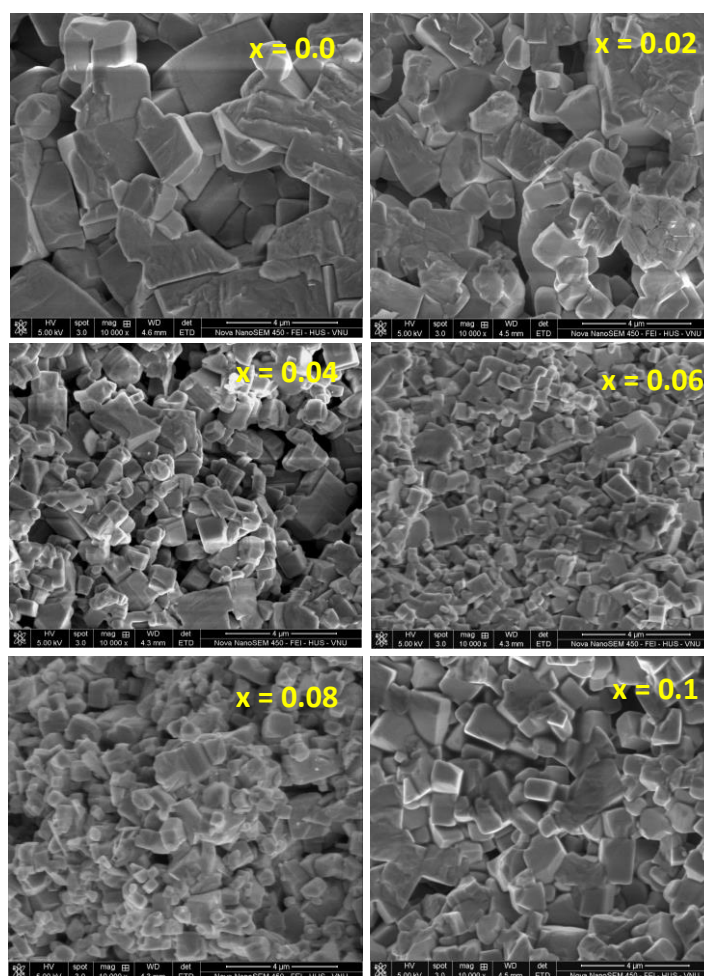
Hình 3.2 là là giản đồ nhiễu xạ tia X với góc đo 2θ nằm trong khoảng từ 20 đến 80° của các mẫu KNN- x SZN pha tạp SZN với nồng độ khác nhau: $x = 0,00, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$. Từ giản đồ cho thấy tất cả các mẫu gốm KNN- x SZN pha tạp SZN được thiêu kết tại 1140°C đều có pha perovskite, không có pha lạ thứ hai. Kết quả này chứng tỏ rằng SZN đã khuếch tán hoàn toàn vào mạng chủ KNN để tạo nên dung dịch rắn KNN- x SZN đồng nhất. Từ đỉnh đặc trưng ở lân cận 45,5°, có thể thấy rằng cấu trúc tinh thể của gốm KNN- x SZN đã thay đổi từ đối xứng trực thoi ($x < 0,06$) sang đối xứng giả lập phương (pseudo-cubic) ($x \geq 0,06$) khi có bổ sung thành phần SZN. Điều

Cấu trúc, vi cấu trúc và tính chất quang của hệ gốm KNN-SZN

này có thể được quy cho việc thay thế Nb^{5+} (0,64 Å) ở tâm bát diện ô-xy bởi Zn^{2+} (0,74 Å), làm mở rộng khối bát diện ô-xy và sự thay thế K^+ (1,64 Å) và Na^+ (1,39 Å) bởi Sr^{2+} (1,18 Å) [12]. Các kết quả tương tự về biến đổi pha cấu trúc cũng đã được công bố trong gốm KNN biến tính bởi $\text{Sr}(\text{Al}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3$ của nhóm tác giả Xumei Zhao [13]. Theo nghiên cứu của nhóm tác giả Qizhen Chai [14], các thành phần gốm có pha đối xứng giả lập phương có tính dị hướng quang thấp nhất, dẫn đến sự giảm tán xạ ánh sáng và tăng độ truyền quang học.

3.3. Vi cấu trúc của hệ gốm

Hình 3.3 là ảnh vi cấu trúc của các mẫu gốm KNN- $x\text{SZN}$ với các nồng độ khác nhau được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) Hitachi S- 4800 tại Viện Vật lý Hà Nội. Để đánh giá cỡ hạt, chúng tôi sử dụng phương pháp cắt tuyến tính (chương trình Lince) để tính kích thước hạt trung bình của vật liệu gốm.

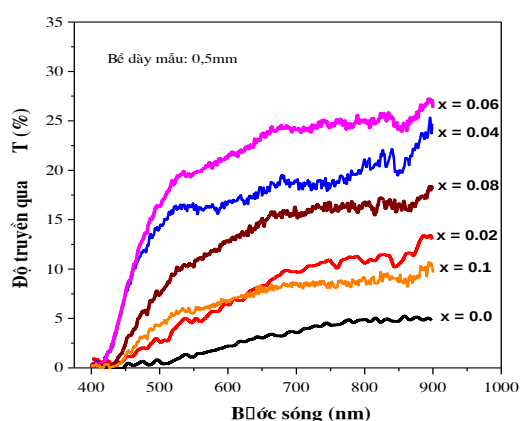


Hình 3.3. Ảnh hiển vi điện tử quét của các hệ gốm $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3-x\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ với $x = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$

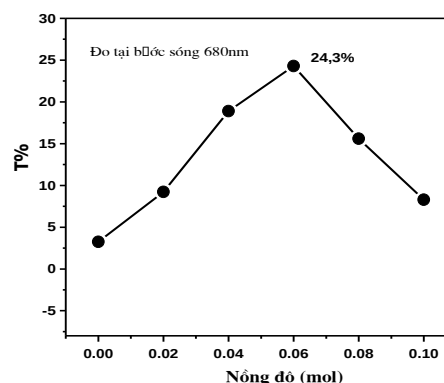
Từ kết quả ở hình 3.3 cho thấy rằng tạp SZN đã ảnh hưởng đến vi cấu trúc của vật liệu gốm KNN- x SZN. Với gốm KNN- x SZN không pha tạp chất ($x = 0$), vi cấu trúc của gốm có nhiều lỗ xốp lớn, kích thước trung bình của hạt khá lớn, cỡ $3\text{ }\mu\text{m}$. Tuy nhiên khi pha SZN vào gốm KNN với nồng độ từ 0,02 đến 0,04 mol, kích thước trung bình của các hạt ngày càng giảm ($\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ và $0.8\text{ }\mu\text{m}$, tương ứng), vi cấu trúc của gốm gồm những hạt tương đối đồng đều có dạng vuông, tuy vậy vẫn còn nhiều lỗ xốp lớn. Tiếp tục gia tăng nồng độ SZN đến 0,06 mol, vi cấu trúc của gốm đồng đều hơn, số lỗ xốp giảm về số lượng và kích thước, cỡ hạt trung bình của gốm tiếp tục giảm ($\sim 0,4\text{ }\mu\text{m}$). Tiếp tục gia tăng nồng độ SZN ≥ 0.08 mol, kích thước hạt trung bình của gốm lại gia tăng ($\geq 1\text{ }\mu\text{m}$), số lỗ xốp xuất hiện nhiều hơn. Kết quả này là phù hợp với sự thay đổi của mật độ gốm theo nồng độ SZN và đạt giá trị cao nhất ($4,37\text{ g/cm}^3$) tại $x = 0,06$ mol như đã thảo luận ở phần trên. Kết quả về vi cấu trúc của hệ gốm KNN- x SZN là phù hợp với công trình của nhóm tác giả Xiaoshuai Zhang [15].

3.4. Độ truyền qua quang học và độ rộng vùng năng lượng cấm của hệ gốm

Hình 3.4 là phổ truyền qua quang học ($T\%$) của hệ gốm KNN- x SZN được đo trong phạm vi bước sóng 400- 900 nm. Từ kết quả của phổ truyền qua, độ truyền qua quang học của hệ gốm KNN- x SZN với ánh sáng có bước sóng 680 nm được biểu diễn trên hình 3.5. Như đã thấy, với x tăng từ 0,0 đến 0,10 mol, độ truyền qua tăng đạt cực đại 24,3% ở nồng độ $x = 0,06$ mol, sau đó giảm. Độ truyền qua lớn nhất ở mẫu $x = 0,06$ mol có thể liên quan đến sự biến đổi cấu trúc pha và kích thước hạt nhỏ như đã thảo luận ở trên. Tuy nhiên, so với một số công trình khác nghiên cứu về gốm trong suốt trên cơ sở KNN [13] [14] [16], độ truyền qua quang học đạt được ở đây còn khá thấp, nguyên nhân có thể do trong gốm số lượng lỗ xốp vẫn còn nhiều dẫn đến sự tán xạ ánh sáng xảy ra ở các lỗ xốp này [17], ngoài ra do công đoạn mài mẫu chưa tốt, khả năng vẫn còn nhiều vết xước trên bề mặt mẫu làm ảnh hưởng lớn đến độ truyền qua của ánh sáng.



Hình 3.4. Phổ truyền qua của hệ gốm KNN- x SZN



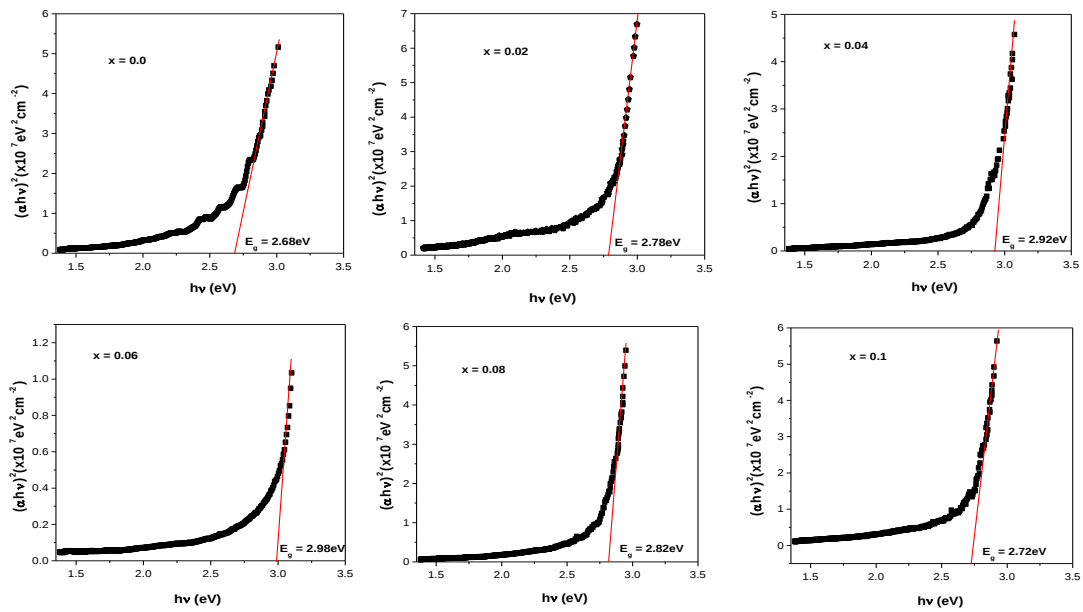
Hình 3.5. Độ truyền qua của hệ gốm KNN- x SZN ứng với ánh sáng có bước sóng 680 nm

Độ rộng vùng năng lượng cấm (E_g) là rất quan trọng đối với các nghiên cứu về đặc trưng quang học, nó có thể được tính từ phổ hấp thụ theo phương trình Wood và Tauc [18]. Đối với sự dịch chuyển trực tiếp, mối quan hệ của E_g , ν (tần số photon), h (4.1357×10^{-15} eV, hằng số Planck), và A (hằng số) được cho bởi phương trình [17]:

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \quad (3.1)$$

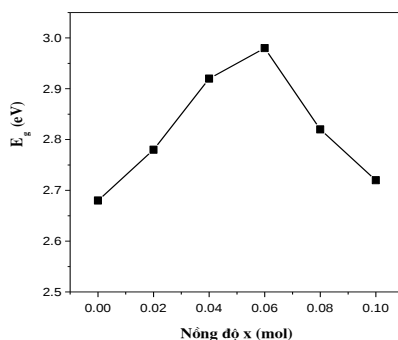
α là hệ số hấp thụ

Độ rộng vùng năng lượng cấm E_g được tính bằng cách vẽ đồ thị $(\alpha h\nu)^2$ theo $h\nu$ và ngoại suy phần tuyến tính của đường cong về không, như trên hình 3.6.



Hình 3.6. Đồ thị của $(\alpha h\nu)^2$ theo $h\nu$ và giá trị độ rộng vùng năng lượng cấm E_g của hệ gốm KNN- xSZN

Từ kết quả xác định độ rộng vùng năng lượng cấm E_g của gốm KNN- xSZN ở hình 3.6, sự phụ thuộc của độ rộng vùng năng lượng cấm E_g vào nồng độ x của thành phần SZN được biểu diễn trên hình 3.7.



Hình 3.7. Sự phụ thuộc của độ rộng vùng năng lượng cấm E_g vào nồng độ x của của hệ gốm KNN- xSZN

Như đã thấy, khi nồng độ x tăng từ 0 đến 0,1 mol, độ rộng vùng năng lượng cấm E_g gia tăng từ 2,68 eV (tại $x = 0$) đến giá trị lớn nhất 2,98 eV ($x = 0.06$), sau đó giảm, chứng tỏ tạp SZN đã ảnh hưởng đến độ rộng vùng năng lượng cấm của hệ gốm. Rõ ràng cường độ của vùng năng lượng quang học E_g gắn liền với độ truyền qua quang học. Thông thường trong hệ vật liệu giống nhau, giá trị E_g lớn hơn, độ trong suốt sẽ lớn hơn. Kết quả này phù hợp với độ truyền qua của mẫu gốm có nồng độ $x = 0.06$ mol đạt giá trị lớn nhất. Lý do có thể được giải thích là các electron có thể được kích thích từ vùng hóa trị tới vùng dẫn bằng ánh sáng chỉ khi nó có đủ năng lượng. Trong quá trình này, một phần của ánh sáng được sử dụng để dịch chuyển điện tử, phần còn lại có thể truyền tải, tiêu tán v.v.. Giá trị E_g lớn có thể làm gia tăng sự khó khăn của điện tử khi nhảy vào vùng dẫn. Nếu nguồn ánh sáng không đủ để kích thích quá trình dịch chuyển điện tử, lượng năng lượng lớn hơn sẽ được sử dụng để truyền dẫn, dẫn đến độ trong suốt cao hơn, trong khi tổn hao ánh sáng là tương đối nhỏ [16].

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu đạt được như sau:

- Đã chế tạo thành công hệ gốm $(1-x)\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3 - x\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$, với $x = 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10$, bằng phương pháp truyền thống, thiêu kết ở nhiệt độ 1140°C . Kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ gốm tăng khi nồng độ của SZN tăng và đạt giá trị cao nhất (4.37 g/cm^3) tại nồng độ $x = 0.06$ mol

- Kết quả phân tích cấu trúc cho thấy nồng độ x của SZN đã ảnh hưởng mạnh đến cấu trúc của hệ gốm. Tất cả các mẫu đều có cấu trúc thuần perovskit, có sự biến đổi pha cấu trúc khi nồng độ x thay đổi. Tại nồng độ $x \leq 0.04$ mol, gốm có cấu trúc đối xứng trục thoi, gia tăng nồng độ $x \geq 0.06$ mol, trong gốm lại tồn tại pha giả lập phương.

- Kết quả phân tích ảnh SEM cho thấy nồng độ x cũng ảnh hưởng mạnh đến vi cấu trúc của hệ gốm. Khi nồng độ x tăng thì kích thước hạt giảm, vi cấu trúc đồng đều, các hạt xếp chặt với biên hạt rõ ràng, đặc biệt ở nồng độ $x = 0,06$ mol. Tuy nhiên với nồng độ $x \geq 0,08$ mol, kích thước hạt trung bình của gốm lại gia tăng ($\geq 1 \mu\text{m}$), số lỗ xốp xuất hiện nhiều hơn.

- Đã xác định được ảnh hưởng của nồng độ x đến độ truyền qua quang học của hệ gốm KNN- x SZN. Mẫu gốm ứng với nồng độ $x = 0,06$ mol có độ truyền qua quang học cao nhất ($T = 24,3\%$) tương ứng với ánh sáng có bước sóng 680 nm và có độ rộng vùng năng lượng cấm cao nhất ($E_g = 2,98 \text{ eV}$)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bingyue Qu, Hongliang Du, Zetian Yang (2016), Lead Free Relaxor Ferroelectric Ceramics with High Optical Transparency and Energy Storage Ability, *Journal of Materials Chemistry C*, **4** (9), 1795- 1803
- [2]. Jaffe B., Cook W. R., Jaffe H. (1971), *Piezoelectric Ceramics*, Academic Pres London.
- [3]. Moulson A. J. and Herbert J. M. (2003), *Electroceramics: Materials, Properties and Applications*. John Wiley & Sons Ltd, New York.
- [4]. Damjanovic Dragan, et al. (2010), What Can Be Expected From Lead – Free Piezoelectric Materials?. *Functional Materials Letters*, Vol.3, No.1, pp. 5-13
- [5]. Ro"del Ju"rgen, et al. (2009). Perspective on the Development of Lead free Piezoceramics. *J. Am. Ceram. Soc.* **92**, pp. 1153- 1177.
- [6]. Ro"del Ju"rgen, et al. (2008). Perspective on a Roadmap for Ceramics: 2010–2025. *J. Eur. Ceram. Soc.* **92**, pp. 23 - 33.
- [7]. Yasuyoshi Saito, Hisaaki Takao, Toshihiko Tani, Tatsuhiko Nonoyama, Kazumasa Takatori, Takahiko Homma, Toshiatsu Nagaya & Masaya Nakamura (2004), Lead-free piezoceramics, *Nature*. **432**, 84- 87
- [8]. Qizhen Chai, Dong Yang, Xumei Zhao, Xiaolian Chao, Zupei Yang (2018), Lead-free (K,Na)NbO₃-based Ceramics with High Optical Transparency and Large Energy Storage Ability, *Journal of the American Ceramic Society, Volume 101, Issue 6*, pp 2321- 2329
- [9]. Qizhen Chai, Xumei Zhao, Xiaolian Chao and Zupei Yang (2017), Enhanced transmittance and piezoelectricity of transparent K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃ ceramics with Ca(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ additives, *RSC Adv.*, **7**, 28428
- [10]. Zhenyu Yang, Xiaoshuai Zhang, Dong Yang, Bian Yang, Xiaolian Chao, Lingling Wei, and Zupei Yang (2016), Excellent Transmittance Induced Phase Transition and Grain Size Modulation in Lead-Free (1-x)(K_{0.5}Na_{0.5})NbO₃-xLaBiO₃, *Ceramics, J. Am. Ceram. Soc.*, **99** [6] 2055–2062
- [11]. Xiaoshuai Zhang, Dong Yang, Zhenyu Yang, Xumei Zhao, Qizhen Chai, Xiaolian Chao, Lingling Wei, Zupei Yang (2016), Transparency of K_{0.5}Nb_{0.5}O₃- Sr(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ lead-free

- ceramics modulated by relaxor behavior and grain size, *Ceramics International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.07.069>
- [12]. Dong Yang, Chao Ma, Zupei Yang, Lingling Wei, Xiaolian Chao, Zhenyu Yang, Jinglun Yang (2015), Optical and electrical properties of pressureless sintered transparent $(K_{0.37}Na_{0.63})NbO_3$ -based ceramics, *Ceramics International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.11.032>
- [13]. Xumei Zhao, Qizhen Chai, Bi Chen, Xiaolian Chao, Zupei Yang (2018), Improved transmittance and ferroelectric properties realized in KNN ceramics via SAN modification, *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 101, Issue 11, 5127- 5137, doi:10.1111/jace.15725
- [14]. Qizhen Chai, Dong Yang, Xumei Zhao, Xiaolian Chao, Zupei Yang (2018), Lead-free $(K,Na)NbO_3$ -based Ceramics with High Optical Transparency and Large Energy Storage Ability, *Journal of the American Ceramic Society*, Volume 101, Issue 6, pp 2321- 2329
- [15]. Xiaoshuai Zhang, Dong Yang, Zhenyu Yang, Xumei Zhao, Qizhen Chai, Xiaolian Chao, Lingling Wei, Zupei Yang (2016), Transparency of $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ - $Sr(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ lead-free ceramics modulated by relaxor behavior and grain size, *Ceramics International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.07.069>
- [16]. Qizhen Chai, Xumei Zhao, Xiaolian Chao and Zupei Yang (2017), Enhanced transmittance and piezoelectricity of transparent $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ ceramics with $Ca(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ additives, *RSC Adv.*, 7, 28428
- [17]. Qizhen Chai, Dong Yang, Xumei Zhao, Xiaolian Chao, Zupei Yang (2018), Lead-free $(K,Na)NbO_3$ -based Ceramics with High Optical Transparency and Large Energy Storage Ability, *Journal of the American Ceramic Society*, Volume 101, Issue 6, pp 2321- 2329
- [18]. J. Tauc and D. L. Wood (1972), Weak Absorption Tails in Amorphous Semiconductors, *PHYSICAL REVIEW B*, VOL. 5, N. 8, pp 3144- 3151

STRUCTURE, MICROSTRUCTURE AND OPTICAL PROPERTIES OF KNN-SZN CERAMICS

Phan Dinh Gio*, Bui Thi Bich Hop

Faculty of Physics, University of Sciences, Hue University

*Email: pdg_55@yahoo.com

ABSTRACT

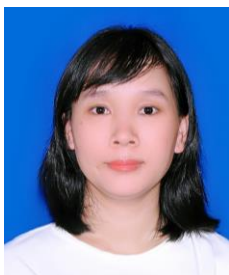
$(1-x)\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3-x\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ ceramic system (abbreviated KNN- xSZN) with $x = 0.0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10$, has been fabricated by the conventional solid-state reaction method. The effect of $\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ content on the structure, microstructure and optical properties was studied in detail. The experimental results showed that the crystal structure of ceramics gradually transformed from orthorhombic phase into pseudo-cubic phase with doping of $\text{Sr}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$. With the increase of the SZN concentration, the ceramic density increased and reached the highest value (4.37 g/cm^3) at $x = 0.06 \text{ mol}$; besides, the grain size of the ceramics decreased, the microstructure is more uniform, the particles are packed with clear grain boundaries, less pores, especially at $x = 0.06 \text{ mol}$. With the dense microstructure and small particles, the optical transmission of the ceramics is strong, the ceramic sample with $x = 0.06 \text{ mol}$ exhibits stably high transmittance above 24% at the wavelength of 680 nm and has the largest optical band gap energy ($E_g = 2.98 \text{ eV}$).

Keywords: KNN-SZN, optical properties, microstructure, structure.



Phan Đình Gió sinh ngày 2/4/1955 tại Thừa Thiên Huế. Ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý năm 1977 và thạc sĩ chuyên ngành Vật lý chất rắn tại trường Đại học Tổng hợp Huế năm 1995. Ông nhận học vị tiến sĩ năm 2007 tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế và được phong học hàm phó giáo sư năm 2012. Từ năm 1978 đến nay, ông công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu gốm điện tử.



Bùi Thị Bích Hợp sinh ngày 13 /11 /1979 tại Quảng Ngãi. Năm 2002 bà tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý tại Trường Đại học Sư phạm, ĐH Huế. Năm 2019, bà tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Quang học tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, bà giảng dạy tại trường THPT Trần Quốc Tuấn, Quảng Ngãi.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu gốm điện tử.