



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 11 - 11 - 2022

ERSD 2022



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được tích hợp vào Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <http://ersd.humg.edu.vn/>.

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai tổ chức Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác chặt chẽ và góp phần quan trọng vào việc tổ chức Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học và nhà chuyên môn đã đóng góp các công bố khoa học có giá trị cho Hội nghị. Ban tổ chức cũng đánh giá cao sự nỗ lực của các chuyên gia đọc bài đã có nhiều nỗ lực và đóng góp để nâng cao chất lượng khoa học của các báo cáo, góp phần quan trọng vào thành công của hội nghị này.

Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc chuẩn bị và tổ chức hội nghị, chất lượng báo cáo, biên tập, và xuất bản kỷ yếu hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của hoạt động nghiên cứu khoa học và trao đổi học thuật thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan.

Hà Nội, tháng 11 năm 2022
THAY MẶT BAN TỔ CHỨC

GS.TS Trần Thanh Hải

Thông kê R trong bài toán kiểm định tham số <i>Phạm Ngọc Anh</i>	1106
The experience of organizing EFL online teaching <i>Nguyen Thi Nguyet Anh</i>	1111
Đặc trưng dao động cưỡng bức của hệ lò xo - khối lượng trong mặt phẳng có tính đến ma sát với hiệu ứng Stribeck <i>Phạm Ngọc Chung, Nguyễn Như Hiếu</i>	1117
Tổng quan về một số phương pháp chế tạo vật liệu bán dẫn hệ thấp chiều <i>Nguyễn Xuân Chung</i>	1123
Nghiên cứu tổng hợp và đặc trưng tính chất vật liệu hydroxit lớp kép Zn-Al <i>Công Tiến Dũng, Phương Thảo, Lê Thị Phương Thảo</i>	1128
Tổng hợp và nghiên cứu khả năng bảo vệ chống ăn mòn thép CT3 của màng phủ polypyrrole trong môi trường axit sulfuric <i>Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Thị Kim Thoa, Hà Mạnh Hùng</i>	1134
Nghiên cứu khả năng hấp phụ Ni ²⁺ bằng hydroxyapatit tổng hợp <i>Lê Thị Duyên, Hoàng Thanh Bình, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Việt Hùng, Lê Thị Phương Thảo, Võ Thị Hạnh, Đỗ Thị Hải, Nguyễn Thị Thu Hiền, Phạm Tiến Dũng, Công Tiến Dũng, Đinh Thị Mai Thanh</i>	1141
Mô hình hóa và thiết lập hệ phương trình chuyển động cho robot song song 3RRR có khâu đàn hồi <i>Đinh Công Đạt</i>	1147
Nghiên cứu quy trình chiết xuất L-tetrahydropalmitine trong cây Bình Vôi chữa bệnh mất ngủ <i>Nguyễn Thu Hà, Vũ Duy Thịnh</i>	1153
Common errors in using English collocations by students at Hanoi University of Mining and Geology <i>Le Thi Thuy Ha, Dang Thanh Mai</i>	1157
Tính chất quang học của hệ exciton trong trạng thái ngưng tụ <i>Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Xuân Chung, Hồ Quỳnh Anh</i>	1161
Nghiên cứu khả năng xử lý ion Ni ²⁺ trong nước bằng vật liệu tự nhiên sericit ở mỏ Sơn Bình, Hà Tĩnh <i>Võ Thị Hạnh, Lê Thị Duyên, Nguyễn Mạnh Hà, Đỗ Thị Hải, Nguyễn Thị Thanh Thảo, Bùi Hoàng Bắc</i>	1167
Ước lượng xác suất đuôi của nghiệm mô hình CIR với nhiễu là chuyển động Brown phân thứ <i>Nguyễn Thu Hằng</i>	1173
Xây dựng thuật toán tiến cho bài toán quan sát đa mục tiêu MTT sử dụng HMM không tuần nhất <i>Nguyễn Thị Hằng</i>	1178
Ảnh hưởng của áp suất ngoài lên sự hình thành trạng thái điện môi exciton trong các hợp chất đất hiếm chalcogenide <i>Nguyễn Thị Hậu, Đỗ Thị Hồng Hải</i>	1184
Mối quan hệ giữa Glucocorticoid và tế bào tự diệt NK <i>Vũ Thị Minh Hồng, Phạm Tiến Dũng</i>	1190

Glucocorticoid và các tác động khi sử dụng <i>Vũ Thị Minh Hồng, Đỗ Thị Hải</i>	1196
Existence and asymptotic behavior of solutions to a class of semilinear degenerate parabolic equations with exponential nonlinearities <i>Nguyen Thi Hong, Dao Xuan Hung</i>	1202
Khả năng quang xúc tác và thu hồi của vật liệu tổ hợp $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ <i>Nguyễn Mạnh Hùng, Đào Việt Thắng, Nguyễn Thị Diệu Thu, Hồ Quỳnh Anh</i>	1208
Tái sử dụng nước thải làng nghề tái chế nhôm bằng công nghệ màng <i>Nguyễn Việt Hùng, Nguyễn Hoàng Nam, Lê Thị Phương Thảo, Vũ Thị Minh Hồng Nguyễn Mạnh Hà</i>	1213
Dạng điệu biên của hàm Squeezing gần điểm biên lồi tuyến tính <i>Nguyễn Thị Lan Hương</i>	1219
ESP teachers' roles at a technical university from teachers' perspectives <i>Duong Thuy Huong</i>	1224
Độ đo xác suất trên $C[0,1]$ <i>Nguyễn Thế Lâm</i>	1230
Điều kiện tối ưu cho bài toán cực tiểu <i>Nguyễn Thùy Linh</i>	1234
Cấu trúc lõi/vỏ và tính chất vật lý của vật liệu composite $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$ <i>Ngô Thị Cẩm Linh, Đào Việt Thắng</i>	1238
The application of teaching English as an international language for HUMG students <i>Dang Thanh Mai, Le Thi Thuy Ha, Vu Thanh Tam</i>	1243
Nghiên cứu nâng cao hiệu suất truyền năng lượng không dây sử dụng tấm vật liệu biến hóa có cấu trúc lục giác ở vùng MHz <i>Bùi Hữu Nguyễn, Vũ Đình Lâm, Đào Việt Thắng, Lê Đức Tuyên, Nguyễn Mạnh Hùng, Tống Bá Tuấn, Nguyễn Đức Khoát</i>	1247
Improving HUMG students' speaking skills through the English prosodic features <i>Nguyen Dao Ly Nhan Phuc</i>	1253
Why do we only need to one of the accuracy measures? <i>Le Bích Phương, Ha Huu Cao Trinh, Nguyen Thi Mai Hoa</i>	1258
Convexity of ROC curves <i>Le Bích Phương, Ha Huu Cao Trinh, Nguyen Thi Mai Hoa</i>	1262
Finite time stability of fractional-order neural networks with time-varying delay <i>Nguyen Truong Thanh</i>	1266
Techniques for teaching culture for non-English major college students <i>Nguyen Thi Thao</i>	1271
Đánh giá khả năng chống ăn mòn của lớp mạ tổ hợp Ni-TiO ₂ bằng phương pháp đo phổ tổng trở	

Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Thị Kim Thoa	1275
Ảnh hưởng của ion đất hiếm (Y^{3+} , Nd^{3+} , Sm^{3+}) lên cấu trúc tinh thể, tính chất quang học và tính chất từ của vật liệu $BiFeO_3$	
Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu	1280
Nghiên cứu cấu trúc tinh thể, tính chất sắt điện và sắt từ của vật liệu $Bi_{0,95}RE_{0,05}Fe_{0,975}Ni_{0,025}O_3$ (RE = La, Ho)	
Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu	1285
Nghiên cứu vai trò của cation kim loại chuyển tiếp và nhiệt động học của quá trình tạo phức	
Vũ Duy Thịnh, Nguyễn Thu Hà	1291
Nghiên cứu ảnh hưởng của lovastatin đến khả năng giải phóng lovastatin từ vật liệu tổ hợp chitosan/carrageenan	
Nguyễn Thị Kim Thoa, Vũ Quốc Mạnh, Hà Mạnh Hùng, Võ Thị Hạnh, Vũ Quốc Trung	1296
Kết quả nghiên cứu thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính hạ đường huyết của loài Địa hoàng <i>Rehmannia glutinosa</i>	
Vũ Kim Thư, Công Tiến Dũng, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa, Đỗ Thị Hải, Trương Thị Thanh Thủy	1303
Các hợp chất phenolic phân lập từ loài Sóc xéo <i>Glochidion obliquum</i> Decne	
Vũ Kim Thư, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa	1309
Trải nghiệm ứng dụng Classkick trong dạy và học tiếng Anh trực tuyến tại trường Đại học Mở - Địa chất	
Trương Thị Thanh Thủy	1313
Tính tự chủ của sinh viên trong học tiếng Anh trực tuyến tại trường Đại học Mở - Địa chất	
Trương Thị Thanh Thủy	1318
Dao động tham số của hệ phi tuyến cấp ba có chứa ma sát Coulomb, ma sát động và cản nhớt cấp phân số	
Bùi Thị Thúy	1323
Bài toán dòng chảy một chiều đối xứng trục tới giếng khai thác	
Trần Thị Trâm	1329
Classifying the idioms concerning money according to their meanings	
Nguyen Hong Van	1334
Introducing new social media terminologies	
Nguyen Hong Van	1338
Tăng cường khả năng phát quang của vật liệu $YVO_4:Eu^{3+}$ ứng dụng trong y sinh	
Lê Thị Vinh, Hà Thị Phương, Hoàng Thị Khuyên, Nguyễn Thanh Hương, Phạm Thị Liên, Trần Thu Hương	1342
Kỹ thuật cộng gộp sóng mang trong truyền dẫn dữ liệu qua mạng di động 4G-LTE	
Tống Ngọc Anh, Hà Thị Chúc	1346
Thuật toán lọc sai số thô trong hệ thống đo ứng dụng công nghệ IOT Gateway	
Đặng Văn Chí, Nguyễn Thế Lực	1353

Cấu trúc lõi/vỏ và tính chất vật lý của vật liệu composite (1-x)PbTiO₃/xCoFe₂O₄

Ngô Thị Cẩm Linh^{1,*}, Đào Việt Thắng^{2,*}

¹ Trường Đại học Văn hóa Nghệ thuật Quân đội

² Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hệ vật liệu composite (1-x)PbTiO₃/xCoFe₂O₄ (x = 0,0 ÷ 0,5) với cấu trúc lõi/vỏ đã được chế tạo thành công bằng phương pháp sol-gel. Các đặc trưng cấu trúc, tính chất quang và tính chất từ của hệ vật liệu được nghiên cứu thông qua ảnh hiển vi điện tử quét SEM, giản đồ nhiễu xạ tia X, phổ tán xạ Raman, phổ hấp thụ, đường cong từ trễ. Kết quả phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X cho thấy hai pha thành phần PbTiO₃ (PTO) và CoFe₂O₄ (CFO) đồng thời kết tinh tốt. Khi nồng độ CFO tăng lên, trong pha PTO, hằng số mạng *a* tăng không đáng kể từ 3,903 Å đến 3,911 Å còn hằng số *c* giảm từ 4,137 Å xuống 4,107 Å. Phổ tán xạ Raman của hệ vật liệu cho thấy vị trí các đỉnh A₁(1TO), E(2TO) dịch về phía số sóng thấp. Các kết quả thu được đã chứng tỏ giữa hai pha lõi/vỏ có sự liên kết chặt chẽ với nhau dẫn tới sự ảnh hưởng lẫn nhau về cấu trúc cũng như các tính chất vật lý khác. Phổ hấp thụ cho thấy bề rộng vùng cấm giảm từ 2,99 eV xuống 1,22 eV khi nồng độ spinel tăng từ 0 đến 50% mol. Đặc biệt, hệ vật liệu composite PTO/CFO với cấu trúc lõi/vỏ biểu hiện tính sắt từ với từ độ bão hòa tăng từ 0,025 emu/g đến 25,217 emu/g khi nồng độ CoFe₂O₄ tăng từ 0 đến 50% mol.

Từ khóa: PTO/CFO, sol-gel, composite, multiferroic.

1. Đặt vấn đề

Vào những năm 1950 – 1960, vật liệu multiferroic được phát hiện cùng các tính chất “ferroic” vô cùng lí thú của nó. Multiferroic là vật liệu thể hiện đồng thời cả tính sắt từ và sắt điện (Eerenstein, Mathur *et al.*, 2006). Người ta sử dụng các vật liệu multiferroic để chế tạo các đầu đọc thông tin siêu nhạy, cảm biến sinh học không cần cấp nguồn, các bộ nhớ điện -từ không tự xóa, cho phép ghi bằng điện trường thay vì bằng từ trường như các vật liệu truyền thống (Wang, Liu *et al.*, 2009). Tuy nhiên, trong tự nhiên, có rất ít các vật liệu tồn tại đồng thời cả tính chất sắt điện và tính chất sắt từ. Chính vì vậy, đây là loại vật liệu đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Có hai phương pháp phổ biến để chế tạo ra những vật liệu có tính chất multiferroic: (1) thay thế bằng các ion có tính từ vào vật liệu perovskite và (2) tạo composite giữa 2 vật liệu có tính sắt điện và sắt từ (Sheoran, Kumar *et al.*, 2019).

PbTiO₃ (PTO) là một trong những vật liệu sắt điện, vật liệu này có hai pha cấu trúc điển hình là pha lập phương và pha tứ giác. Ở nhiệt độ phòng, tinh thể PbTiO₃ có cấu trúc tứ giác với độ biến dạng tinh thể lớn (tỉ số *c/a* = 1,063), thể hiện tính chất sắt điện mạnh ($P_s = 81 \mu\text{C}/\text{cm}^2$) và hằng số điện môi lớn (Chaudhari and Bichile, 2013). Tuy nhiên, vật liệu PbTiO₃ biểu hiện tính chất nghịch từ, đây là tính chất nội tại của vật liệu. Một số nghiên cứu trên thế giới đã tiến hành tạo composite với một pha từ giảo mạnh trên nền PbTiO₃ nhằm tạo ra các vật liệu có sự kết hợp đồng thời của hai trật tự sắt điện và sắt từ (Eerenstein, Mathur *et al.*, 2006; Liu, Fu *et al.*, 2005).

Bên cạnh đó, CoFe₂O₄ (CFO) là vật liệu có cấu trúc spinel đảo (Daliya and Juang, 2007). Đây là một vật liệu từ cứng đặc trưng, lực kháng từ cao (5400 Oe), ở nhiệt độ phòng, từ độ bão hòa của vật liệu cỡ 80 emu/g (Liu, Fu *et al.*, 2005). CoFe₂O₄ có tính dị hướng và độ ổn định hóa học khá cao (Kim, Kim *et al.*, 2003). Do đó, vật liệu này rất thích hợp đóng vai trò pha từ giảo trong việc chế tạo vật liệu multiferroic (Mansour, Imam *et al.*, 2020; Rui, Sheng-wen *et al.*, 2006; Singh and Saha, 2021).

Trong báo cáo này, chúng tôi chế tạo vật liệu composite (1-x)PbTiO₃/xCoFe₂O₄ (x = 0,0 ÷ 0,5) cấu trúc lõi/vỏ chế tạo bằng phương pháp sol-gel và khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ CoFe₂O₄ tới cấu trúc tinh

* Tác giả liên hệ

Email: ngocamlinh289@gmail.com; daovietthang@humg.edu.vn

thể, tính chất quang học, cũng như các tính chất điện từ của vật liệu composite để tìm nồng độ pha spinel tối ưu của loại vật liệu này.

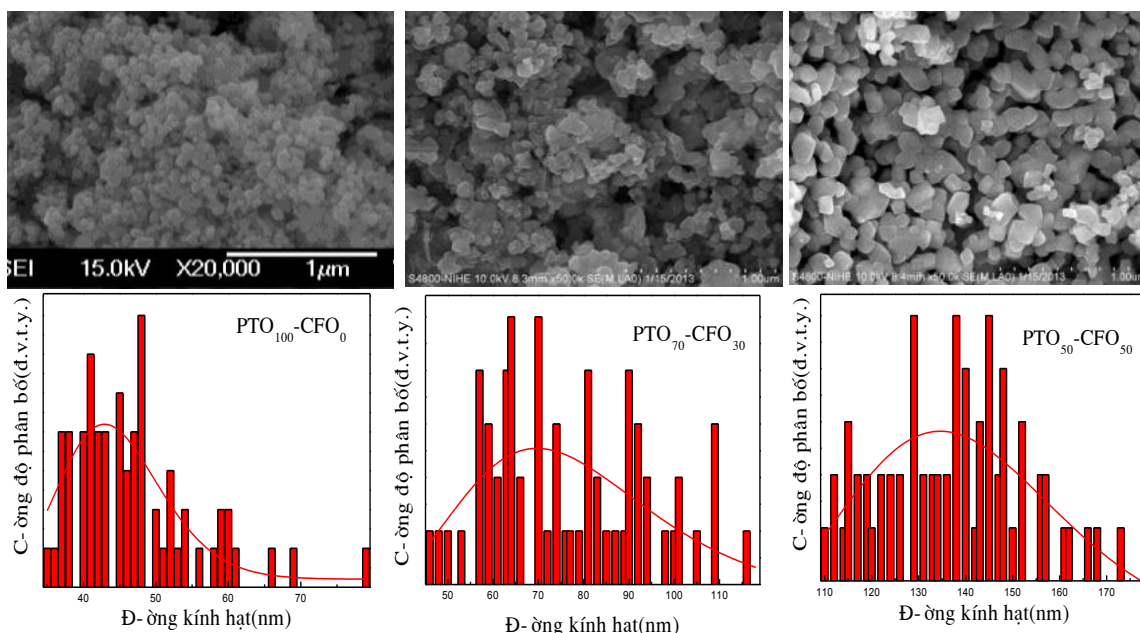
2. Thục nghiệm

Vật liệu composite $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ($x = 0,0 \div 0,5$) được chế tạo bằng phương pháp sol-gel. Các tiền chất được sử dụng gồm có: TTIP 97%, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 99%, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 99%, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 98,5%, dung môi ethylene glycol và axit citric 99,5%. Đầu tiên, chúng tôi tiến hành chế tạo tinh thể PbTiO_3 : muối $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ được hòa tan trong nước cất, sau đó đem trộn lẫn với TTIP đã được hòa tan trong axit citric rồi gia nhiệt ở khoảng 90°C đồng thời với khuấy từ đến khi thu được gel đồng nhất. Làm khô gel khoảng ở nhiệt độ 195°C trong 4h. Gel khô được nung ở 500°C trong 3h thu được tinh thể PbTiO_3 . Tiếp theo, chúng tôi tạo sol CoFe_2O_4 : các muối $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ được hòa tan trong nước cất, sau đó đem trộn lẫn với axit citric đã được hòa tan, rồi gia nhiệt ở khoảng 90°C đồng thời với khuấy từ đến khi thu được sol đồng nhất. Cuối cùng, chúng tôi đưa tinh thể PbTiO_3 vào sol CoFe_2O_4 , tiếp tục gia nhiệt ở khoảng 90°C đồng thời với khuấy từ đến khi thu được gel đồng nhất. Gel được sấy khô ở nhiệt độ 195°C trong 4h. Gel khô đem nung ở nhiệt độ 800°C trong 3h thu được sản phẩm cuối cùng.

Cấu trúc tinh thể của vật liệu được khảo sát thông qua phép đo gián đồ nhiễu xạ tia X trên máy D8 – Advanced dùng bức xạ CuK_α . Phổ Raman được thực hiện trên hệ LABRAM – 1B dùng bước sóng 514 nm kích thích. Phổ hấp thụ đo bởi phổ kế Jasco V670 trong dải bước sóng 200 - 1200 nm. Đường cong từ trễ đo bởi từ kế mẫu rung DMS với từ trường cực đại là 13,5 kOe.

3. Kết quả và thảo luận

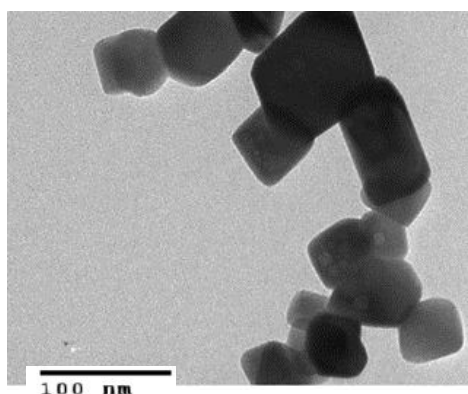
Hình 1 là ảnh SEM chụp hình thái bề mặt 3 mẫu $\text{PTO}_{100} - \text{CFO}_0$; $\text{PTO}_{70} - \text{CFO}_{30}$; $\text{PTO}_{50} - \text{CFO}_{50}$ và biểu đồ phân bố kích thước hạt tương ứng của chúng. Ảnh SEM cho thấy các hạt có hình dạng giả cầu, kích thước hạt khá đồng đều và tăng lên theo sự tăng nồng độ CFO. Sau khi làm khớp bằng hàm phân bố log-normal cho 3 mẫu, chúng tôi thu được giá trị đường kính hạt trung bình cho từng mẫu $\text{PTO}_{100} - \text{CFO}_0$, $\text{PTO}_{70} - \text{CFO}_{30}$, $\text{PTO}_{50} - \text{CFO}_{50}$ lần lượt là 44, 76, 138 nm. Điều này được giải thích là do giải thích là do vật liệu composite có cấu trúc lõi-vỏ. Khi nồng độ CFO tăng lên, lớp vỏ CFO bọc tinh thể PTO trở nên dày hơn. Chúng tôi đã tiến hành chụp ảnh TEM của mẫu $\text{PTO}_{50} - \text{CFO}_{50}$ để thể hiện rõ hơn cấu trúc lõi/vỏ của composite qua sự tương phản màu sắc của hình ảnh: có những hạt CFO rất nhỏ bám trên bề mặt của hạt PTO (Hình 2).



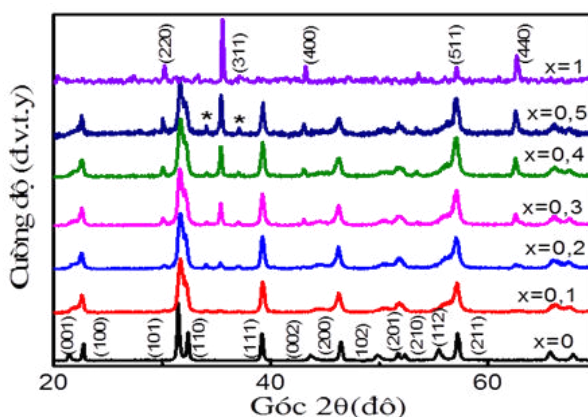
Hình 1. Ảnh SEM lần lượt của 3 mẫu $\text{PTO}_{100} - \text{CFO}_0$; $\text{PTO}_{70} - \text{CFO}_{30}$; $\text{PTO}_{50} - \text{CFO}_{50}$ (trái qua phải) và biểu đồ phân bố kích thước hạt tương ứng của chúng

Hình 3 là giản đồ nhiễu xạ tia X của hệ vật liệu composite $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ($x = 0,0 \div 0,5$). Mẫu PTO ($x = 0,0$) kết tinh tốt với các đỉnh nhiễu xạ có cường độ lớn. Các đỉnh nhiễu xạ được gán phù hợp với vật liệu PTO có cấu trúc perovskite tứ giác với hằng số mạng: $a = 3,903 \text{ \AA}$ và $c = 4,137 \text{ \AA}$ trong thẻ chuẩn JCPDS số 22-1086. Kết quả cho thấy mẫu đã chế tạo là PbTiO_3 có cấu trúc perovskite tứ giác với tỉ

số méo mạng tứ giác là $c/a = 1,059$ và không tồn tại pha lạ. Mẫu CFO ($x = 1.0$) có các đỉnh nhiễu xạ phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 60-452, chứng tỏ mẫu chế tạo là CoFe_2O_4 có cấu trúc spinel đảo với hằng số mạng $a = 8,37 \text{ \AA}$. Khi tăng nồng độ spinel từ $x = 0,0$ tới $x = 0,5$ cường độ các đỉnh nhiễu xạ của spinel CFO tăng lên trong khi cường độ của vật liệu nền PTO giảm đi. Mẫu PTO đã chế tạo có cấu trúc tứ giác được nhận biết thông qua việc tách của các cặp đỉnh như (001)-(100) hay (101)-(110). Tuy nhiên, khi nồng độ CFO tăng lên, các cặp mặt phẳng mạng này có xu hướng tiến lại gần nhau chứng tỏ đã có sự thay đổi hằng số mạng trong pha PTO. Kết quả tính toán dựa trên giản đồ nhiễu xạ tia X cho thấy, khi nồng độ CFO tăng lên, hằng số mạng a tăng từ $3,903 \text{ \AA}$ đến $3,907 \text{ \AA}$ trong khi hằng số c giảm từ $4,137 \text{ \AA}$ xuống $4,107 \text{ \AA}$. Sự thay đổi này chứng tỏ đã có sự ảnh hưởng của lớp vỏ CFO lên cấu trúc tinh thể của lõi PTO.

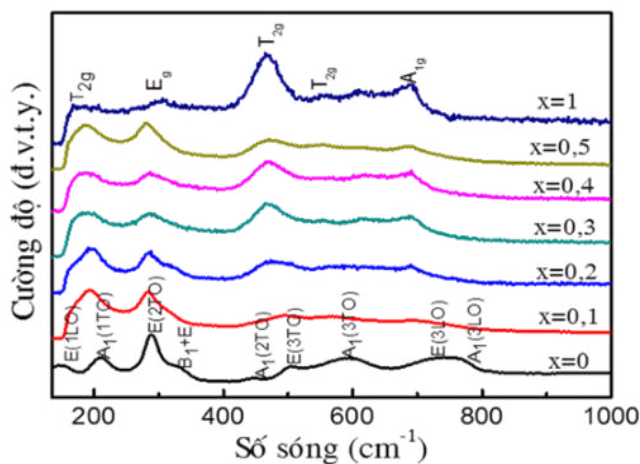


Hình 2. Ảnh TEM của mẫu $\text{PTO}_{50}\text{-CFO}_{50}$



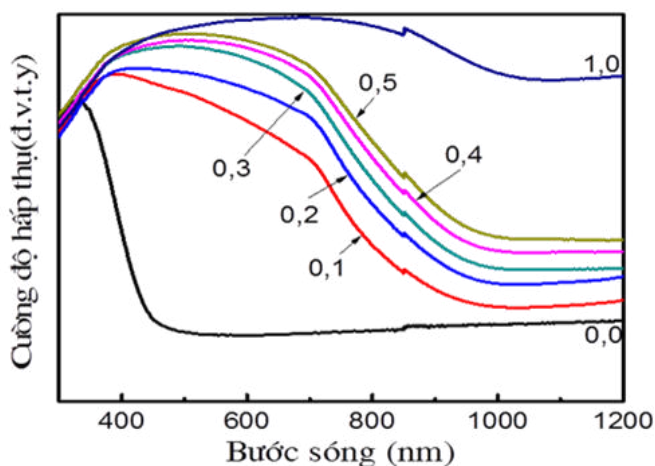
Hình 3. Giản đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu composite $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ($x = 0,0 \div 0,5$)

Hình 4 biểu diễn phổ tán xạ Raman của hệ mẫu PTO/CFO cấu trúc lõi/vỏ đã chế tạo. Trong dải số sóng từ $200 - 900 \text{ cm}^{-1}$, phổ tán xạ Raman của mẫu PTO ($x = 0$) xuất hiện 9 đỉnh ở các vị trí tương ứng với số sóng $150,7 \text{ cm}^{-1}$, $212,85 \text{ cm}^{-1}$, $289,95 \text{ cm}^{-1}$, $326,82 \text{ cm}^{-1}$, $447,16 \text{ cm}^{-1}$, $504,62 \text{ cm}^{-1}$, $594,63 \text{ cm}^{-1}$, $720,77 \text{ cm}^{-1}$, $765,13 \text{ cm}^{-1}$. Các đỉnh được gán với các mode tương ứng như hình 3. Phổ tán xạ Raman của mẫu CFO ($x = 1$) xuất hiện 5 đỉnh ở các vị trí $171,86 \text{ cm}^{-1}$, 467 cm^{-1} , 560 cm^{-1} , $609,42 \text{ cm}^{-1}$, $692,22 \text{ cm}^{-1}$. Trong các mẫu composite, có thể quan sát thấy các đỉnh tán xạ Raman tương ứng với cả hai pha thành phần. Khi nồng độ CFO tăng lên, một số đỉnh phổ Raman có sự dịch về phía số sóng thấp như $A_1(1\text{TO})$, $E(2\text{TO})$, điều này cũng chứng tỏ sự ảnh hưởng của lớp vỏ CFO lên tính chất dao động của lõi PTO. Như vậy, giản đồ nhiễu xạ tia X và phổ tán xạ Raman đã khẳng định giữa hai pha lõi/vỏ của composite có sự liên kết khá chặt chẽ với nhau. Đây là điều kiện quan trọng để vật liệu composite biểu hiện được hiệu ứng từ điện thông qua tương tác đàn hồi vĩ mô giữa hai pha từ giao (CFO) và điện giao (PTO).



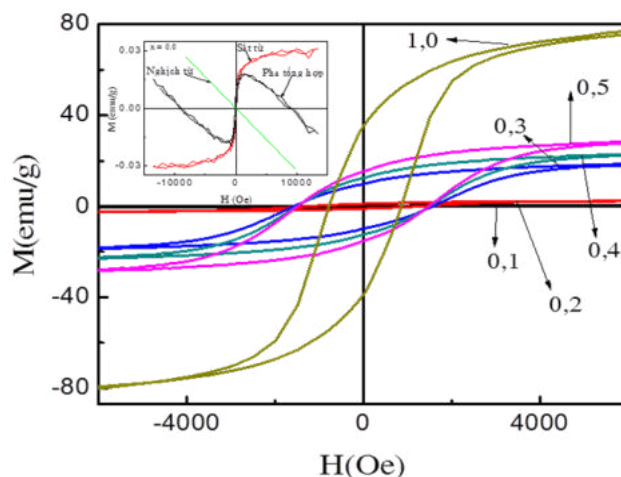
Hình 4. Phổ Raman của hệ vật liệu $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$ với ($x = 0,0 \div 0,5$; $x = 1,0$)

Phổ hấp thụ của hệ mẫu PTO/CFO được biểu diễn như trên hình 5. Theo tính toán, bề rộng vùng cấm của mẫu PTO là 2,99 eV, bề rộng vùng cấm của CFO là 1,05 eV. Quan sát trên hình, ta nhận thấy khi có mặt thành phần CFO, bờ hấp thụ dịch mạnh về phía ánh sáng đỏ ($E_g = 1,6$ eV ứng với $x = 0,1$). Khi giá trị x tăng đến 0,5, bề rộng vùng cấm hiệu dụng của composite tiếp tục giảm đến 1,22 eV. Điều này có thể giải thích là do CFO có bề rộng vùng cấm nhỏ hơn so với PTO làm cho vùng cấm của composite giảm đi.



Hình 5. Phổ hấp thụ của hệ vật liệu $(1-x)PbTiO_3/xCoFe_2O_4$ với $(x = 0,0 \div 0,5; x = 1,0)$

Đường cong từ hóa của hệ mẫu PTO/CFO khảo sát tại nhiệt độ phòng được biểu diễn trên hình 6. Hình chèn trong hình 6 biểu diễn đường cong từ hóa của PTO. PTO biểu hiện tính chất nghịch từ như là một tính chất nội tại của vật liệu. Tuy nhiên, các mẫu composite đều biểu hiện tính chất sắt từ thông qua dạng đường cong từ hóa. Khi nồng độ spinel CFO tăng lên, mômen từ bão hòa M_s tăng và đạt giá trị lớn nhất ở mẫu 0,5PTO + 0,5CFO (25,217 emu/g). Đồng thời, lực kháng từ H_c cũng tăng và cũng đạt giá trị cực đại ở mẫu $x = 0,3$ ($H_c = 1596,11$ Oe). Giá trị này thậm chí còn lớn hơn của spinel ($H_c = 849$ Oe). Điều này cho thấy vật liệu composite biểu hiện từ tính mạnh ở nhiệt độ phòng. Đây là dấu hiệu tốt đối với việc chế tạo vật liệu multiferroic.



Hình 6. Đường cong từ hóa của hệ $(1-x)PbTiO_3/xCoFe_2O_4$ ($x = 0,0 \div 0,5; x = 1,0$) ở nhiệt độ phòng

4. Kết luận

Vật liệu composite $(1-x)PbTiO_3/xCoFe_2O_4$ ($x = 0,0 \div 0,5$) đã được chế tạo thành công bằng phương pháp sol-gel. Kết quả nghiên cứu cho thấy giữa hai pha PTO và CFO có sự liên kết chặt chẽ với nhau dẫn tới sự ảnh hưởng qua lại về cấu trúc, tính chất dao động, tính chất quang. Từ tính của hệ vật liệu tăng lên đáng kể khi tăng nồng độ CFO và đạt lớn nhất ở mẫu $x = 0,5$. Đây là dấu hiệu tốt đối với việc chế tạo ra vật liệu multiferroic bằng cách composite giữa vật liệu sắt điện $PbTiO_3$ và vật liệu sắt từ $CoFe_2O_4$.

Lời cảm ơn

Báo cáo được hỗ trợ kinh phí từ đề tài Khoa học và Công nghệ cấp cơ sở của Trường Đại học Mở - Địa chất mã số T22-18.

Tài liệu tham khảo

- Chaudhari, V.A. and G.K. Bichile, 2013. *Synthesis, Structural, and Electrical Properties of Pure PbTiO₃ Ferroelectric Ceramics*. Smart Materials Research 2013: 1-9.
- Daliya, S.M. and R.S. Juang, 2007. *An overview of the structure and magnetism of spinel ferrite nanoparticles and their synthesis in microemulsions*. Chemical Engineering Journal 129 ((1-3)): 51-65.
- Eerenstein, W., N.D. Mathur, and J.F. Scott, 2006. *Multiferroic and magnetoelectric materials*. Nature 442: 759-765.
- Kim, Y., D. Kim, C. Su, and Lee, 2003. *Synthesis and characterization of CoFe₂O₄ magnetic nanoparticles prepared by temperature-controlled coprecipitation method*. Physica B 337: 42-51.
- Liu, X.-M., S.-Y. Fu, and C.-J. Huang, 2005. *Synthesis and magnetic characterization of novel CoFe₂O₄-BiFeO₃ nanocomposites*. Materials Science and Engineering: B 121(3): 255-260.
- Mansour, S.F., N.G. Imam, S. Goda, and M.A. Abdo, 2020. *Constructive coupling between BiFeO₃ and CoFe₂O₄; promising magnetic and dielectric properties*. Journal of Materials Research and Technology 9(2): 1434-1446.
- Rui, C., Y. Sheng-wen, Z. Guan-jun, C. Jin-rong, and M. Zhong-yan, 2006. *Dielectric properties of BiFeO₃-PbTiO₃ thin films prepared by PLD*. Trans. Nonferrous Met. Soc. China 16: 116-118.
- Sheoran, N., V. Kumar, and A. Kumar, 2019. *Comparative study of structural, magnetic and dielectric properties of CoFe₂O₄ @ BiFeO₃ and BiFeO₃@CoFe₂O₄ core-shell nanocomposites*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 475: 30-37.
- Singh, R.P. and S. Saha, 2021. *Additives effect on the multiferroic behaviour of BiFeO₃-PbTiO₃*. Ceramics International 47(21): 29815-29823.
- Wang, K.F., J.M. Liu, and Z.F. Ren, 2009. *Multiferroicity: the coupling between magnetic and polarization orders*. Adv. Phys. 58(4): 321-448.

ABSTRACT

Core/Shell Structure and Physical Properties of (1-x)PbTiO₃/xCoFe₂O₄ Composite Materials

Ngo Thi Cam Linh¹, Dao Viet Thang^{2,*}

¹ Military University of Culture and Art

² Hanoi University of Mining and Geology

The (1-x)PbTiO₃/xCoFe₂O₄ (x = 0.0 - 0.5) (PTO/CFO) composite materials with core/shell structure were successfully prepared by the sol-gel process. The structural, optical and magnetic properties of materials were investigated by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), Raman scattering spectroscopy, absorption spectroscopy and magnetic hysteresis (M-H) loops. Analysis results of XRD showed that the simultaneous crystallization of two component phases PbTiO₃ (PTO) and CoFe₂O₄ (CFO). Increasing CFO concentration in PTO constituent led to increase a from 3.903 Å to 3.911 Å and decrease c from 4.137 Å to 4.107 Å. Raman spectroscopy showed that the position of characteristic peak such as A₁(1TO), E(2TO) shifted to low-wavenumber. Based on the results, it is found that the structural properties and the physical properties are influenced by the strength of the core/shell bond. Absorption spectroscopy showed that the optical energy band-gap values reduced with respective band-gap values of 2.99 eV and 1.22 eV with an increasing in spinel concentration (0 to 50% mol). The testing of magnetic properties showed that PTO/CFO composite has ferromagnetic properties. Specially, increasing the concentration of CFO from 0 to 50% mol, the PTO/CFO composite materials with core/shell structure exhibited ferromagnetic properties with the magnetic saturation value of the sample increase from 0.025 emu/g to 25.217 emu/g.

Keywords: PTO/CFO, sol-gel, composite, multiferroic.