



**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**

|  |      |
|--|------|
| Thống kê R trong bài toán kiểm định tham số<br><i>Phạm Ngọc Anh</i> .....  | 1106 |
| The experience of organizing EFL online teaching<br><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<br><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<br><i>Nguyễn Xuân Chung</i> .....   | 1123 |
| Nghiên cứu tổng hợp và đặc trưng tính chất vật liệu hydroxit lớp kép Zn-Al<br><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<br><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<br><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<br><i>Đinh Công Đạt</i> .....  | 1147 |
| Nghiên cứu quy trình chiết xuất L-tetrahydropalmitine trong cây Bình Vôi chữa bệnh mất ngủ<br><i>Nguyễn Thu Hà, Vũ Duy Thịnh</i> .....   | 1153 |
| Common errors in using English collocations by students at Hanoi University of Mining and Geology<br><i>Le Thi Thuy Ha, Dang Thanh Mai</i> .....   | 1157 |
| Tính chất quang học của hệ exciton trong trạng thái ngưng tụ<br><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<br><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<br><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<br><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<br><i>Nguyễn Thị Hậu, Đỗ Thị Hồng Hải</i> .....   | 1184 |
| Mối quan hệ giữa Glucocorticoid và tế bào tự diệt NK<br><i>Vũ Thị Minh Hồng, Phạm Tiến Dũng</i> .....  | 1190 |

|   |      |
|---|------|
| Glucocorticoid và các tác động khi sử dụng<br><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<br><i>Nguyen Thi Hong, Dao Xuan Hung</i> .....   | 1202 |
| Khả năng quang xúc tác và thu hồi của vật liệu tổ hợp $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{CoFe}_2\text{O}_4$<br><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<br><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<br><i>Nguyễn Thị Lan Hương</i> .....  | 1219 |
| ESP teachers' roles at a technical university from teachers' perspectives<br><i>Duong Thuy Huong</i> .....  | 1224 |
| Độ đo xác suất trên $C[0,1]$<br><i>Nguyễn Thế Lâm</i> .....   | 1230 |
| Điều kiện tối ưu cho bài toán cực tiểu<br><i>Nguyễn Thùy Linh</i> .....   | 1234 |
| Cấu trúc lõi/vỏ và tính chất vật lý của vật liệu composite $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$<br><i>Ngô Thị Cẩm Linh, Đào Việt Thắng</i> .....  | 1238 |
| The application of teaching English as an international language for HUMG students<br><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<br><i>Bùi Hữu Nguyễn, Vũ Đình Lâm, Đào Việt Thắng, Lê Đắc Tuyên, Nguyễn Mạnh Hùng, Tống Bá Tuấn, Nguyễn Đức Khoát</i> ..... | 1247 |
| Improving HUMG students' speaking skills through the English prosodic features<br><i>Nguyen Dao Ly Nhan Phuc</i> .....  | 1253 |
| Why do we only need to one of the accuracy measures?<br><i>Le Bích Phương, Ha Huu Cao Trinh, Nguyen Thi Mai Hoa</i> .....   | 1258 |
| Convexity of ROC curves<br><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<br><i>Nguyen Truong Thanh</i> .....   | 1266 |
| Techniques for teaching culture for non-English major college students<br><i>Nguyen Thi Thao</i> .....  | 1271 |
| Đánh giá khả năng chống ăn mòn của lớp mạ tổ hợp Ni-TiO <sub>2</sub> bằng phương pháp đo phổ tổng trở   |      |

|   |      |
|---|------|
| <b>Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Thị Kim Thoa</b> .....  | 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 $BiFeO_3$ |      |
| <b>Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu</b> .....  | 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)                 |      |
| <b>Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu</b> .....  | 1285 |
| Nghiên cứu vai trò của cation kim loại chuyển tiếp và nhiệt động học của quá trình tạo phức   |      |
| <b>Vũ Duy Thịnh, Nguyễn Thu Hà</b> .....  | 1291 |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của lovastatin đến khả năng giải phóng lovastatin từ vật liệu tổ hợp chitosan/carrageenan                                    |      |
| <b>Nguyễn Thị Kim Thoa, Vũ Quốc Mạnh, Hà Mạnh Hùng, Võ Thị Hạnh, Vũ Quốc Trung</b> .....  | 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>                          |      |
| <b>Vũ Kim Thư, Công Tiến Dũng, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa, Đỗ Thị Hải, Trương Thị Thanh Thủy</b> .....                              | 1303 |
| Các hợp chất phenolic phân lập từ loài Sóc xéo <i>Glochidion obliquum</i> Decne   |      |
| <b>Vũ Kim Thư, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa</b> .....   | 1309 |
| Trải nghiệm ứng dụng Classkick trong dạy và học tiếng Anh trực tuyến tại trường Đại học Mở - Địa chất   |      |
| <b>Trương Thị Thanh Thủy</b> .....  | 1313 |
| Tính tự chủ của sinh viên trong học tiếng Anh trực tuyến tại trường Đại học Mở - Địa chất   |      |
| <b>Trương Thị Thanh Thủy</b> .....  | 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  |      |
| <b>Bùi Thị Thúy</b> .....   | 1323 |
| Bài toán dòng chảy một chiều đối xứng trục tới giếng khai thác  |      |
| <b>Trần Thị Trâm</b> .....  | 1329 |
| Classifying the idioms concerning money according to their meanings   |      |
| <b>Nguyen Hong Van</b> .....  | 1334 |
| Introducing new social media terminologies  |      |
| <b>Nguyen Hong Van</b> .....  | 1338 |
| Tăng cường khả năng phát quang của vật liệu $YVO_4:Eu^{3+}$ ứng dụng trong y sinh   |      |
| <b>Lê Thị Vinh, Hà Thị Phương, Hoàng Thị Khuyên, Nguyễn Thanh Hương, Phạm Thị Liên, Trần Thu Hương</b> .....                                      | 1342 |
| Kỹ thuật cộng gộp sóng mang trong truyền dẫn dữ liệu qua mạng di động 4G-LTE  |      |
| <b>Tống Ngọc Anh, Hà Thị Chúc</b> .....   | 1346 |
| Thuật toán lọc sai số thô trong hệ thống đo ứng dụng công nghệ IOT Gateway  |      |
| <b>Đặng Văn Chí, Nguyễn Thế Lực</b> .....   | 1353 |

## Nghiên cứu cấu trúc tinh thể, tính chất sắt từ và sắt từ của vật liệu $\text{Bi}_{0,95}\text{RE}_{0,05}\text{Fe}_{0,975}\text{Ni}_{0,025}\text{O}_3$ ( $\text{RE} = \text{La}, \text{Ho}$ )

Đào Việt Thăng\*, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

### TÓM TẮT

Vật liệu  $\text{BiFeO}_3$  (BFO), vật  $\text{BiFeO}_3$  pha tạp đồng thời 5% ion đất hiếm ( $\text{La}^{3+}$  hoặc  $\text{Ho}^{3+}$ ) và 2,5% ion  $\text{Ni}^{2+}$  được chế tạo bằng phương pháp sol-gel. Cấu trúc tinh thể, tính chất sắt từ và sắt điện của các mẫu được khảo sát bằng các kỹ thuật khác nhau như: Giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), phổ tán sắc năng lượng tia X (EDS), chu trình từ trễ ( $M-H$ ), chu trình điện trễ ( $P-E$ ). Kết quả phân tích EDS cho thấy các mẫu chế tạo có thành phần hóa học phù hợp. Kết quả XRD chỉ ra các mẫu chế tạo kết tinh đơn pha trong cấu trúc mặt thoi thuộc nhóm không gian  $R_{3c}$ . BFO có hằng số mạng tinh thể  $a = 5,565 \text{ \AA}$ ,  $c = 13,818 \text{ \AA}$  và kích thước tinh thể trung bình  $L_{\text{XRD}} = 602 \text{ \AA}$ . Khi pha tạp đồng thời ( $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) hoặc ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) vào mạng nền BFO cho thấy hằng số mạng tinh thể  $a$ ,  $c$  và kích thước tinh thể trung bình  $L_{\text{XRD}}$  đều giảm. Vật liệu BFO thể hiện đồng thời tính chất sắt từ, sắt điện yếu với từ độ bão hòa  $M_s = 0,047 \text{ emu/g}$ , từ độ dư  $M_r = 0,008 \text{ emu/g}$ , độ phân cực điện bão hòa  $P_s = 0,290 \text{ \mu C/cm}^2$  và độ phân cực điện dư  $P_r = 0,087 \text{ \mu C/cm}^2$ . Tính chất sắt từ và sắt điện của vật liệu pha tạp được cải thiện tốt hơn so với vật liệu nền BFO. Trong báo cáo này, chúng tôi sẽ thảo luận về nguồn gốc của tính chất sắt từ, sắt điện của vật liệu.

*Từ khóa:* BFO pha tạp đồng thời ( $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ), ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ), sắt từ, sắt điện, nhiễu xạ tia X.

### 1. Đặt vấn đề

$\text{BiFeO}_3$  (BFO) là một trong số rất ít vật liệu đa pha điện từ tự nhiên, tồn tại đồng thời hai trật tự sắt điện với nhiệt độ Curie  $T_C = 1100 \text{ K}$  và phân sắt từ với nhiệt độ Néel  $T_N = 640 \text{ K}$ . Do vậy, BFO là vật liệu tiềm năng cho ứng dụng trong các thiết bị điện tử như: thiết bị đọc và ghi từ, các bộ nhớ, bộ thu phát sóng siêu âm, cảm biến, hoặc thiết bị đa chức năng (Eerenstein, Mathur *et al.*, 2006; Kim, Han *et al.*, 2012). Nhưng ở nhiệt độ phòng vật liệu BFO có từ độ  $M_s$  và độ phân cực điện  $P_s$  nhỏ làm hạn chế khả năng ứng dụng của vật liệu BFO. Để khắc phục điều này, các nghiên cứu đã tiến hành theo hai hướng là pha các tạp chất vào mạng tinh thể BFO hoặc tạo vật liệu composite với các vật liệu sắt từ nhằm cải thiện tính chất sắt từ và sắt điện của vật liệu BFO (Gautam, Singh *et al.*, 2011; Kumarn, Sati *et al.*, 2015; Song, Ma *et al.*, 2014). Theo hướng nghiên cứu pha tạp, các nghiên cứu trước đây đã cho thấy tính chất từ của vật liệu được tăng cường khi pha tạp các ion đất hiếm vào vị trí Bi hoặc pha tạp các ion kim loại chuyển tiếp vào vị trí của Fe (Azuma, Kanda *et al.*, 2007; Iyyappa Rajan, Mahalakshmi *et al.*, 2017; Thang, Nguyen *et al.*, 2020; Zhao, Zhang *et al.*, 2013). Tuy nhiên, để có từ độ lớn thì cần pha tạp với nồng độ tạp chất lớn dẫn tới sự chuyển pha cấu trúc hoặc các pha lạ. Điều này làm tăng mật độ dòng rò làm giảm tính chất sắt điện của vật liệu. Các nghiên cứu gần đây cho thấy khi pha tạp đồng thời ion đất hiếm và ion kim loại chuyển tiếp vào các vị trí của Bi và Fe sẽ cải thiện đồng thời cả tính chất sắt điện và sắt từ mà không làm chuyển pha cấu trúc, không xuất hiện các pha cấu trúc lạ (Chakrabarti, Das *et al.*, 2012; Mai Oanh, Thang *et al.*, 2020; Yun, Xing *et al.*, 2015). Đây là một hướng nghiên cứu đang thu hút nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học vì chúng có khả năng mang lại nhiều tính chất mới, tăng khả năng ứng dụng của vật liệu BFO.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi pha tạp đồng thời 5% ion đất hiếm  $\text{RE}^{3+}$  ( $\text{RE}^{3+} = \text{La}^{3+}, \text{Ho}^{3+}$ ) và 2,5% ion  $\text{Ni}^{2+}$  vào mạng nền BFO nhằm tăng cường tính chất sắt điện và sắt từ của vật liệu BFO. Sự thay thế đồng thời ion đất hiếm  $\text{RE}^{3+}$  và ion  $\text{Ni}^{2+}$  sẽ tạo ra tương tác siêu trao đổi và trao đổi kép làm tăng cường tính chất từ của vật liệu. Hơn nữa, sự thay thế đồng thời ion đất hiếm  $\text{RE}^{3+}$  và ion  $\text{Ni}^{2+}$  đồng thời cũng tạo ra sự méo cấu trúc dẫn tới tăng sự phân cực điện, cải thiện tính chất sắt điện của vật liệu.

### 2. Phương pháp chế tạo và các phép đo

#### 2.1. Phương pháp chế tạo

Vật liệu  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$  pha tạp Ni,  $\text{BiFeO}_3$  pha tạp đồng thời ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) hoặc ( $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) được chế tạo bằng phương pháp Sol-gel. Các hóa chất được dùng để chế tạo vật liệu gồm có  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,

\* Tác giả liên hệ

Email: daovietthang@humg.edu.vn



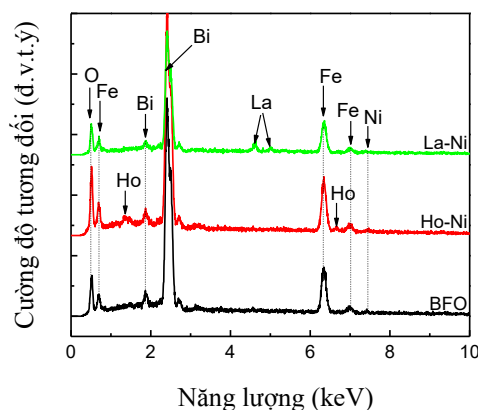
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ho}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , axit citric  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  và ethylen glycol  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ . Đầu tiên, các muối  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (đối với các mẫu pha tạp có thêm các muối  $\text{Ho}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , và  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  hoặc  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) được cân đúng tỉ phần. Sau đó, các chất này được khuấy trộn đều trong 10 ml nước bằng máy khuấy từ trong thời gian 15 phút được hỗn hợp A. Bước tiếp theo, thêm 35 ml dung dịch axit citric vào hỗn hợp A, tiếp tục khuấy bằng máy khuấy từ đồng thời gia nhiệt và giữ ở nhiệt độ 50 - 60 °C trong thời gian 1 giờ thu được dung dịch Sol. Sau đó nhỏ thêm 15 ml dung dịch ethylen glycol, tiếp tục khuấy bằng máy khuấy từ trong thời gian 30 phút. Tiếp theo, tăng nhiệt độ dung dịch Sol lên 100 °C để làm nước bay hơi sau 3 giờ thu được Gel ướt. Gel ướt được sấy ở 130 °C trong thời gian 3 giờ thu được Gel khô. Cuối cùng, Gel khô được ủ ở nhiệt độ 800 °C trong thời gian 7 giờ thu được vật liệu dạng bột. Các mẫu  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$  pha tạp Ni,  $\text{BiFeO}_3$  pha tạp đồng thời Ho và Ni,  $\text{BiFeO}_3$  pha tạp đồng thời La và Ni được ký hiệu tương ứng là BFO, BFNO, Ho-Ni, La-Ni.

## 2.2. Các phép đo

Trong nghiên cứu này, thành phần hóa học, cấu trúc tinh thể, tính chất sắt điện và sắt từ của vật liệu được khảo sát bằng các kỹ thuật khác nhau như: phép đo phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) thực hiện trên hệ QUANTA 450 dùng để phân tích thành phần hóa học của mẫu. Giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD) trên hệ đo Equinox 5000 (Cu-K $\alpha$ ,  $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) dùng để nghiên cứu cấu trúc tinh thể các mẫu. Tính chất sắt từ của mẫu được khảo sát trên hệ đo Lake Shore Cryotronics, 7404 VSM. Tính chất sắt điện của mẫu được khảo sát trên hệ đo Radiant, Precision LC 10 V.

## 3. Kết quả và thảo luận

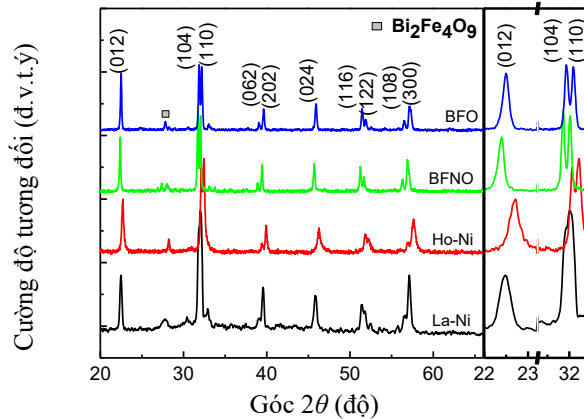
Để xác định thành phần hóa học của các mẫu chế tạo, chúng tôi đã tiến hành phân tích phổ tán xạ năng lượng tia X của các mẫu BFO, Ho-Ni, La-Ni. Hình 1 là phổ tán xạ năng lượng tia X của các mẫu BFO, Ho-Ni và La-Ni. Quan sát trên Hình 1, ta thấy mẫu tất cả các mẫu đều xuất hiện các đỉnh đặc trưng của các nguyên tố Bi (1,86 keV và 2,43 keV), Fe (0,67 keV, 6,34 keV và 6,98 keV) và O (0,47 keV). Đối với mẫu Ho-Ni xuất hiện thêm đỉnh đặc trưng của Ho (1,33 keV và 6,65 eV) và Ni (7,42 keV). Mẫu La-Ni xuất hiện thêm các đỉnh đặc trưng của La (4,60 keV và 4,98 keV) và Ni (7,42 keV). Kết quả này cho thấy các mẫu chế tạo có thành phần hóa học phù hợp. Đây là căn cứ ban đầu để chúng tôi tiếp tục khảo sát cấu trúc, tính chất của các mẫu chế tạo.



Hình 1. Phổ tán sắc năng lượng tia X của các mẫu BFO, Ho-Ni, La-Ni

Hình 2 là giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD) của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni. Giản đồ nhiễu xạ của tất cả các mẫu phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 71-2494, các mẫu kết tinh trong cấu trúc mặt thoi thuộc nhóm không gian  $R_{3c}$ . Các đỉnh đặc trưng chính xuất hiện tương ứng với các mặt phẳng mạng (012), (104), (110), (062), (202), (024), (116), (122), (108) và (300). Quan sát Hình 2, ta thấy sự dịch vị trí của các đỉnh (012), (104) và (110), điều này cho thấy sự ảnh hưởng của ion  $\text{Ni}^{2+}$  và ion đất hiếm ( $\text{Ho}^{3+}$  hoặc  $\text{La}^{3+}$ ) lên cấu trúc mạng tinh thể của vật liệu. Từ dữ liệu đo XRD, hằng số mạng tinh thể  $a$ ,  $c$  và kích thước tinh thể  $L_{\text{XRD}}$  được xác định bằng phần mềm UnitCell và công thức Debye Cherrer, kết quả được chỉ ra trong Bảng 1. Quan sát Bảng 1, ta thấy mẫu BFNO có hằng số mạng và kích thước tinh thể nhỏ hơn so với mẫu BFO. Điều này có thể lý giải là do bán kính ion của  $\text{Ni}^{2+}$  (0,690 Å) lớn hơn bán kính ion  $\text{Fe}^{3+}$  (0,645 Å), khi ion  $\text{Ni}^{2+}$  thay thế vị trí ion  $\text{Fe}^{3+}$  sẽ làm giãn mạng tinh thể dẫn đến hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể tăng. Bảng 1 cũng cho thấy đối với các mẫu pha tạp đồng thời Ho-Ni và La-Ni hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể nhỏ hơn so với mẫu chỉ pha tạp Ni (mẫu BFNO). Nguyên nhân là do các bán kính ion của  $\text{Ho}^{3+}$  (1,015 Å),  $\text{La}^{3+}$  (1,160 Å) nhỏ hơn bán kính ion  $\text{Bi}^{3+}$  (1,170 Å) nên khi các ion đất hiếm ( $\text{Ho}^{3+}$  hoặc  $\text{La}^{3+}$ ) thay thế vị trí ion  $\text{Bi}^{3+}$  trong mạng tinh thể BFO sẽ làm co mạng tinh thể dẫn tới hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể của các mẫu Ho-Ni và La-Ni giảm so với mẫu BFNO (Lazenka, Zhang *et*

al., 2012; Park, Yoo *et al.*, 2014; Shannon, 1976; Surdu, Trusca *et al.*, 2019; Thang, Nguyen *et al.*, 2020). Kết quả thu được từ phép đo giản đồ nhiễu xạ tia X là bằng chứng cho thấy các ion đất hiếm ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$ ) đã thay thế vị trí ion  $\text{Bi}^{3+}$ , các ion  $\text{Ni}^{2+}$  thay thế vị trí ion  $\text{Fe}^{3+}$  trong mạng tinh thể BFO.

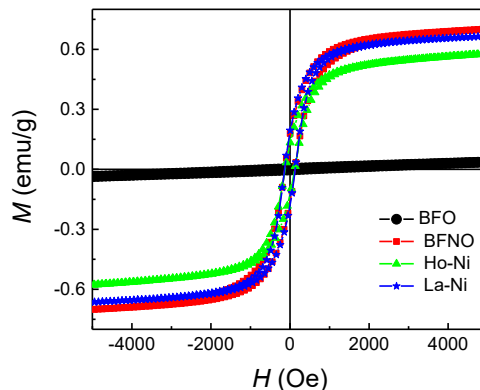


Hình 2. Giản đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni

Bảng 1. Hằng số mạng tinh thể  $a$ ,  $c$  và kích thước tinh thể  $L_{\text{XRD}}$  của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni, La-Ni

| Mẫu   | $a$ (Å) | $c$ (Å) | $L_{\text{XRD}}$ (Å) |
|-------|---------|---------|----------------------|
| BFO   | 5,565   | 13,818  | 602                  |
| BFNO  | 5,577   | 13,845  | 624                  |
| Ho-Ni | 5,560   | 13,815  | 596                  |
| La-Ni | 5,570   | 13,835  | 618                  |

Sự thay thế đồng thời ion đất hiếm  $\text{RE}^{3+}$  và  $\text{Ni}^{2+}$  vào mạng tinh thể BFO được kỳ vọng sẽ cải thiện tính chất sắt điện, sắt từ của vật liệu. Tính chất sắt từ của vật liệu được khảo sát bằng phép đo chu trình từ trễ. Hình 3 là chu trình từ trễ của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni đo ở nhiệt độ phòng với từ trường ngoài cực đại 5000 Oe. Như quan sát thấy trong Hình 3, tất cả các mẫu thể hiện tính chất sắt từ yếu. Từ dữ liệu đo chu trình từ trễ, từ độ bão hòa ( $M_s$ ), từ độ dư ( $M_r$ ) và lực kháng từ ( $H_c$ ) của tất cả các mẫu được xác định và chỉ ra trong Bảng 2. Kết quả cho thấy tính chất sắt từ của vật liệu BFNO, Ho-Ni và La-Ni được cải thiện rõ rệt so với mẫu BFO. Mẫu BFNO, tính chất sắt từ được cải thiện tốt nhất với  $M_s = 0,702$  emu/g và  $M_r = 0,169$  emu/g. Chúng tôi có thể giải thích kết quả trên như sau: Như đã biết tính chất từ của vật liệu BFO có nguồn gốc từ tương tác siêu trao đổi giữa các điện tử lớp  $3d$  của Fe và các nút khuyết oxy. Khi các ion  $\text{Ni}^{2+}$  được thay thế vào vị trí ion  $\text{Fe}^{3+}$ , các ion đất hiếm  $\text{Ho}^{3+}$  hoặc  $\text{La}^{3+}$  được thay thế vào vị trí ion  $\text{Bi}^{3+}$  khi nung mẫu ở nhiệt độ cao sẽ tạo ra các nút khuyết oxy và các sai hỏng mạng dẫn tới cải thiện tính chất sắt từ của vật liệu. Mặt khác, sự thay thế của ion  $\text{Ni}^{2+}$  vào vị trí ion  $\text{Fe}^{3+}$  tạo ra tương tác trao đổi kép  $\text{Fe}^{3+}$ - $\text{O}^{2-}$ - $\text{Fe}^{4+}$ , sự thay thế ion  $\text{Ho}^{3+}$  hoặc  $\text{La}^{3+}$  vào vị trí ion  $\text{Bi}^{3+}$  làm xuất hiện tương tác siêu trao đổi giữa các electron lớp  $4f$  của Ho (hoặc La) với các electron lớp  $3d$  của Fe/Ni. Những đặc trưng trên dẫn tới sự cải thiện tính chất sắt từ của vật liệu BFO. Các nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra rằng tương tác siêu trao đổi giữa các electron lớp  $4f$  của nguyên tố đất hiếm RE và các electron lớp  $3d$  của Fe/Ni giúp tăng cường tính chất sắt từ của vật liệu BFO pha tạp các nguyên tố đất hiếm RE (Chandra Sati, Kumar *et al.*, 2015; Thang, Nguyen *et al.*, 2020).



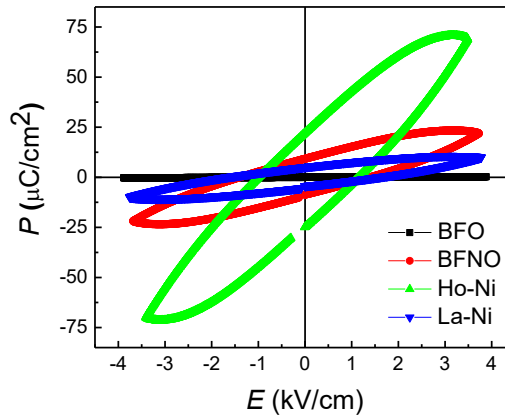
Hình 3. Chu trình từ trễ của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni



Bảng 2. Giá trị từ độ bão hòa  $M_s$ , từ độ dư  $M_r$  và lực kháng từ  $H_c$  của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni, La-Ni

| Mẫu   | $M_s$ (emu/g) | $M_r$ (emu/g) | $H_c$ (Oe) |
|-------|---------------|---------------|------------|
| BFO   | 0,047         | 0,008         | 429        |
| BFNO  | 0,702         | 0,169         | 130        |
| Ho-Ni | 0,579         | 0,126         | 123        |
| La-Ni | 0,673         | 0,185         | 130        |

Tính chất sắt điện của các mẫu chế tạo được khảo sát bằng phép đo chu trình điện trở. Hình 4 biểu diễn chu trình điện trở của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni đo ở nhiệt độ phòng với điện trường ngoài cực đại 4 kV/cm. Như quan sát trên hình ta thấy tất cả các mẫu thể hiện tính chất sắt điện yếu. Từ kết quả đo, chúng tôi xác định được độ phân cực điện bão hòa ( $P_s$ ), độ phân cực điện dư ( $P_r$ ) và lực kháng điện ( $E_c$ ) và chỉ ra trong Bảng 3. Tính chất sắt điện của mẫu BFNO, Ho-Ni, La-Ni được cải thiện tốt hơn so với mẫu nền BFO. Các mẫu pha tạp đồng thời Ho-Ni hoặc La-Ni, tính chất sắt điện được cải thiện tốt hơn mẫu chỉ pha tạp Ni (BFNO), mẫu Ho-Ni giá trị  $P_s$  và  $P_r$  lớn nhất. Kết quả này có thể giải thích như sau: sự thay thế của ion  $Ho^{3+}$  hoặc  $La^{3+}$  vào vị trí ion  $Bi^{3+}$  làm thay đổi liên kết Bi/Ho-O hoặc Bi/La-O. Mặt khác sự tăng cường giá trị  $P_s$  và  $P_r$  cũng bắt nguồn từ sự thay thế của Ni vào vị trí Fe tạo ra các nút khuyết oxy và thay đổi bất điện  $FeO_6$  (Mukherjee, Basu *et al.*, 2014; Thang, Nguyen *et al.*, 2020; Vijayasundaram, Suresh *et al.*, 2016).



Hình 4. Chu trình điện trở của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni

Bảng 3. Giá trị  $P_s$ ,  $P_r$  và  $E_c$  của các mẫu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni

| Mẫu   | $P_s$ ( $\mu C/cm^2$ ) | $P_r$ ( $\mu C/cm^2$ ) | $E_c$ (kV/cm) |
|-------|------------------------|------------------------|---------------|
| BFO   | 0,290                  | 0,087                  | 0,839         |
| BFNO  | 0,374                  | 0,155                  | 1,415         |
| Ho-Ni | 71,499                 | 23,437                 | 1,071         |
| La-Ni | 10,831                 | 5,295                  | 1,632         |

#### 4. Kết luận

Trong báo cáo này, chúng tôi đã chế tạo thành công vật liệu BFO, BFNO, Ho-Ni và La-Ni bằng phương pháp Sol-gel. Các mẫu chế tạo có thành phần hóa học là phù hợp. Các mẫu có cấu trúc mặt thoi thuộc nhóm không gian  $R_{3C}$ , mẫu pha tạp Ni (BFNO), pha tạp đồng thời Ho-Ni hoặc La-Ni có hằng số mạng và kích thước tinh thể giảm so với mẫu nền BFO. Mẫu BFO thể hiện đồng thời tính chất sắt từ và sắt điện với  $M_s = 0,047$  emu/g,  $M_r = 0,008$  emu/g,  $P_s = 0,290$   $\mu C/cm^2$ ,  $P_r = 0,087$   $\mu C/cm^2$ . Các mẫu BFNO, mẫu pha tạp đồng thời (Ho-Ni hoặc La-Ni) tính chất sắt từ và sắt điện được cải thiện tốt hơn so với mẫu nền BFO. Trong đó mẫu BFNO cải thiện tính chất sắt từ tốt nhất với từ độ bão hòa lớn nhất  $M_s = 0,702$  emu/g,  $M_r = 0,169$  emu/g. Mẫu Ho-Ni, tính chất sắt điện được cải thiện tốt nhất với  $P_s = 71,499$   $\mu C/cm^2$ ,  $P_r = 23,437$   $\mu C/cm^2$ .

#### 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 Mô - Địa chất mã số T22-18.

#### Tài liệu tham khảo

- Azuma, M., H. Kanda, A.A. Belik, Y. Shimakawa, and M. Takano, 2007. *Magnetic and structural properties of  $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$* . *J. Mag. Mag. Mater.* 310(2): 1177-1179.
- Chakrabarti, K., K. Das, B. Sarkar, S. Ghosh, and S.K. De, 2012. *Enhanced magnetic and dielectric properties of Eu and Co co-doped  $BiFeO_3$  nanoparticles*. *Appl. Phys. Lett.* 101: 042401.

- Chandra Sati, P., M. Kumar, and S. Chhoker, 2015. *Low temperature ferromagnetic ordering and dielectric properties of  $\text{Bi}_{1-x}\text{Dy}_x\text{FeO}_3$  ceramics*. *Ceramics International* 41(2): 3227-3236.
- Eerenstein, W., N.D. Mathur, and J.F. Scott, 2006. *Multiferroic and magnetoelectric materials*. *Nature* 442: 759-765.
- Gautam, A., K. Singh, K. Sen, R.K. Kotnala, and M. Singh, 2011. *Crystal structure and magnetic property of Nd doped  $\text{BiFeO}_3$  nanocrystallites*. *Mater. Lett.* 65(4): 591-594.
- Iyyappa Rajan, P., S. Mahalakshmi, and S. Chandra, 2017. *Establishment of half-metallicity, ferrimagnetic ordering and double exchange interactions in Ni-doped  $\text{BiFeO}_3$  – A first-principles study*. *Comp. Mater. Sci.* 130: 84-90.
- Kim, A.Y., S.H. Han, H.W. Kang, H.G. Lee, J.S. Kim, and C.I. Cheon, 2012. *Dielectric and magnetic properties of  $\text{BiFeO}_3$  ceramics prepared by hydrothermal synthesis*. *Ceram. Int.* 38: S397-S401.
- Kumarn, M., P.C. Sati, S. Chhoker, and V. Sajal, 2015. *Electron spin resonance studies and improved magnetic properties of Gd substituted  $\text{BiFeO}_3$  ceramics*. *Ceram. Int.* 41: 777-786.
- Lazenka, V.V., G. Zhang, J. Vanacken, I.I. Makoed, A.F. Ravinski, and V.V. Moshchalkov, 2012. *Structural transformation and magnetoelectric behaviour in  $\text{Bi}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_3$  multiferroics*. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 45(12): 125002.
- Mai Oanh, L.T., D.V. Thang, D.D. Bich, P.D. Chung, N.M. Hung, N. Van Quang, and N. Van Minh, 2020. *Enhancement of ferroelectric and ferromagnetic properties of Gadolinium (Gd) and Nickel (Ni) co-doped  $\text{BiFeO}_3$* . *Ceram. Int.* 46(11): 17423-17429.
- Mukherjee, A., S. Basu, P.K. Manna, S.M. Yusuf, and M. Pal, 2014. *Enhancement of multiferroic properties of nanocrystalline  $\text{BiFeO}_3$  powder by Gd-doping*. *J. Alloy. Compd.* 598: 142-150.
- Park, J.S., Y.J. Yoo, J.S. Hwang, J.H. Kang, B.W. Lee, and Y.P. Lee, 2014. *Enhanced ferromagnetic properties in Ho and Ni co-doped  $\text{BiFeO}_3$  ceramics*. *Journal of Applied Physics* 115(1): 013904.
- Shannon, R.D., 1976. *Revised Effective Ionic Radii and Systematic Studies of Interatomic Distances in Halides and Chalcogenides*. *Acta Crystallographica Section A* A32: 751-767.
- Song, G.L., G.J. Ma, J. Su, T.X. Wang, H.Y. Yang, and F.G. Chang, 2014. *Effect of  $\text{Ho}^{3+}$  doping on the electric, dielectric, ferromagnetic properties and  $T_C$  of  $\text{BiFeO}_3$  ceramics*. *Ceram. Int.* 40(2): 3579-3587.
- Surdu, V.A., R.D. Trusca, B.S. Vasile, O.C. Oprea, E. Tanasa, L. Diamandescu, E. Andronescu, and A.C. Ianculescu, 2019.  *$\text{Bi}_{1-x}\text{Eu}_x\text{FeO}_3$  Powders: Synthesis, Characterization, Magnetic and Photoluminescence Properties*. *Nanomaterials* 9(10): 1465.
- Thang, D.V., V.Q. Nguyen, N.M. Hung, L.T.M. Oanh, N.C. Khang, B.D. Tu, D.T.X. Thao, and N. Van Minh, 2020. *Structural, Optical, Ferroelectric and Ferromagnetic Properties of  $\text{Bi}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_3$  Materials*. *Journal of Electronic Materials* 49(7): 4443-4449.
- Vijayasundaram, S.V., G. Suresh, R.A. Mondal, and R. Kanagadurai, 2016. *Substitution-driven enhanced magnetic and ferroelectric properties of  $\text{BiFeO}_3$  nanoparticles*. *J. Alloy. Compd.* 658: 726-731.
- Yun, Q., W. Xing, J. Chen, W. Gao, Y. Bai, and S. Zhao, 2015. *Effect of Ho and Mn co-doping on structural, ferroelectric and ferromagnetic properties of  $\text{BiFeO}_3$  thin films*. *Thin Solid Films* 584: 103-107.
- Zhao, J., X. Zhang, S. Liu, W. Zhang, and Z. Liu, 2013. *Effect of Ni substitution on the crystal structure and magnetic properties of  $\text{BiFeO}_3$* . *J. Alloy. Compd.* 557: 120-123.

## ABSTRACT

### Study on crystal structure, ferroelectric and ferromagnetic properties of materials $\text{Bi}_{0.95}\text{RE}_{0.05}\text{Fe}_{0.975}\text{Ni}_{0.025}\text{O}_3$ ( $\text{RE} = \text{La}, \text{Ho}$ )

Dao Viet Thang\*, Nguyen Manh Hung, Ho Quynh Anh, and Nguyen Thi Dieu Thu  
Hanoi University of Mining and Geology

$\text{BiFeO}_3$  (BFO),  $\text{BiFeO}_3$  co-doped 5% molar of rare earth ions ( $\text{La}^{3+}$  or  $\text{Ho}^{3+}$ ) and 2.5% molar of  $\text{Ni}^{2+}$  ions were synthesized by a sol-gel method. The crystal structure, ferromagnetic and ferroelectric properties of the samples were investigated by different techniques such as: X-ray diffraction pattern (XRD), X-ray energy dispersive spectrum (EDS), magnetic hysteresis loops ( $M-H$ ), polarization electric hysteresis loops (P-E). EDS analysis results show that the all samples have suitable chemical composition. The XRD results show the single-phase crystalline all the samples in the rhombohedral structure belonging to the  $R_{3C}$  space group. Lattice parameters and average crystal size of BFO are  $a = 5.565 \text{ \AA}$ ,  $c = 13.818 \text{ \AA}$  and  $L_{\text{XRD}} = 602 \text{ \AA}$ . With  $\text{BiFeO}_3$  co-doped ( $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) or ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ), the lattice parameters of  $a$ ,  $c$  and the average crystal size of

$L_{\text{XRD}}$  both decreased compare with those of BFO. BFO materials exhibit simultaneously weak ferromagnetic and ferroelectric properties with saturation magnetization  $M_s = 0.047$  emu/g, remnant magnetization  $M_r = 0.008$  emu/g, saturation electrical polarization  $P_s = 0.290$   $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  and remnant electrical polarization  $P_r = 0.087$   $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ . The ferromagnetic and ferroelectric properties of the BFO doped materials are improved better than those of the BFO base materials. In this report, we will discuss the origin of the ferromagnetic, ferroelectric properties of materials.

*Keywords:* BiFeO<sub>3</sub>, BiFeO<sub>3</sub> doped (Y<sup>3+</sup>, Nd<sup>3+</sup>, Sm<sup>3+</sup>), XRD, *M-H*, optical absorption.