School of Applied Mathematics
http://sam.utc.edu.vn/

ISBN: 978-604-76-3346-3.

Sách không bán

HÀ NỘI - 2026

KỶ YẾU HỘI THẢO "GIẢNG DẠY VÀ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CƠ BẢN NĂM 2026"

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI

KỶ YẾU

HỘI THẢO "GIẢNG DẠY VÀ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CƠ BẢN NĂM 2026"

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI

KỶ YẾU

HỘI THẢO "GIẢNG DẠY VÀ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CƠ BẢN NĂM 2026"

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

HÀ NỘI - 2026

BAN TỔ CHỨC HỘI THẢO

PGS.TS. Nguyễn Thị Mai	Trưởng BTC
TS. Ngô Đức Chinh	Ủy viên TT
TS. Mai Nam Phong	Ủy viên
PGS.TS. Trần Văn Long	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Thị Hòa	Ủy viên
TS. Nguyễn Thị Hồng Tuyến	Ủy viên
TS. Nguyễn Thị Thu Hà	Ủy viên
TS. Nguyễn Thế Vinh	Ủy viên
TS. Nguyễn Trường Giang	Ủy viên
TS. Phạm Minh Phúc	Ủy viên
TS. Nguyễn Quang Anh	Ủy viên
ThS. Nguyễn Diệu Thúy	Ủy viên
TS. Lại Thị Hoan	Ủy viên
ThS. Hoàng Thiệu Anh	Ủy viên

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

TT	NỘI DUNG	Trang
1	ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA TIỀN XỬ LÝ ẢNH TRONG BÀI TOÁN PHÁT HIỆN LAO PHỔI BẰNG HỌC SÂU ***Đào Vũ Hoàng Nam***	11
2	KHOẢNG CÁCH WASSERSTEIN MỘT CHIỀU VÀ ỨNG DỤNG ***Trần Văn Long***	23
3	MỘT SỐ KĨ THUẬT GIẢM PHƯƠNG SAI CHO MÔ PHỎNG MONTE CARLO ***Vũ Thị Hương***	31
4	MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀN KHUYẾT DỮ LIỆU: KHẢO SÁT VÀ SO SÁNH TRÊN PHẦN MỀM R ***Hoàng Thuỳ Linh***	43
5	MỘT VÀI LỚP MÃ BCH NGUYÊN THỦY VỚI ĐỘ DÀI q^8-1 ***Nguyễn Huy Hoàng***	55
6	THUẬT TOÁN NHÁNH CẮT DỰA TRÊN XẤP XỈ NGOÀI VÀ CẮT PHÂN DƯỚI CHO BÀI TOÁN VỊ TRÍ CƠ SỞ CÓ SỰ CẠNH TRANH ***Phạm Vũ Hoàng Sơn***	67
7	THUẬT TOÁN Q-LEARNING TRONG HỌC TĂNG CƯỜNG: PHÂN TÍCH VÀ THỰC NGHIỆM TRÊN MÔI TRƯỜNG GRIDWORLD ***Nguyễn Việt Hưng***	74
8	ỨNG DỤNG HỌC MÁY ĐỂ GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN NGƯỜI BÁN HÀNG ***Nguyễn Minh Hoàng Sơn***	85
9	ỨNG DỤNG MẠNG LSTM KẾT HỢP CƠ CHẾ ATTENTION TRONG DỰ BÁO LƯU LƯỢNG GIAO THÔNG ĐÔ THỊ ***Nguyễn Thị Hồng Hoa***	93

TT	NỘI DUNG	Trang
10	ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TRANSFORMER KẾT HỢP DỮ LIỆU ERA5 DỰ BÁO THỜI TIẾT CHO KHU VỰC ĐÔNG NAM Á ***Nguyễn Thị Hồng Hoa***	100
11	CÁC METRIC BẤT BIẾN TRONG GIẢI TÍCH PHỨC NHIỀU BIẾN ***Nguyễn Thị Kim Sơn***	109
12	CHUYỂN ĐỘNG BROWN TRONG TÀI CHÍNH ***Trịnh Thị Trang***	116
13	ĐIỂM BẤT ĐỘNG CHO HỆ PHƯƠNG TRÌNH ĐẠO HÀM RIÊNG PHI TUYẾN BẬC NHẤT ***Nguyễn Đức Dư***	123
14	HỆ THỐNG HOÁ CÁC PHƯƠNG PHÁP CHỨNG MINH SỰ TỒN TẠI NGHIỆM BẰNG ĐỊNH LÍ GIÁ TRỊ TRUNG BÌNH TRONG CÔNG TÁC BỒI DƯỠNG OLYMPIC SINH VIÊN ***Nguyễn Hải Hà***	135
15	HƯỚNG DẪN SINH VIÊN ÔN TẬP CÁC BÀI TOÁN VỀ HÀM KHẢ VI TRONG KỲ THI OLYMPIC GIẢI TÍCH ***Nguyễn Thị Huyên***	145
16	NỘI SUY GIÁ TRỊ TRUNG BÌNH CÁC HÀM CHỈNH HÌNH TRÊN ĐĨA ĐƠN VỊ ***Nguyễn Anh Ngọc***	154
17	PHƯƠNG PHÁP BIẾN PHÂN GIẢI BÀI TOÁN BIÊN KHÔNG ĐỊA PHƯƠNG ***Bùi Việt Hương***	162
18	TỔNG QUAN VỀ ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG GIAO THÔNG VẬN TẢI ***Đặng Thị Mai***	171
19	THỰC TRẠNG VÀ GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG GIẢNG DẠY CÁC MÔN TOÁN CAO CẤP BẰNG TIẾNG ANH ***Nguyễn Thị Lan Hương***	180

TT	NỘI DUNG	Trang
20	ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ LỚN LỰC DI ĐỘNG LÊN ỨNG XỬ ĐỘNG LỰC HỌC CỦA DẦM ***Nguyễn Duy Trường, Vũ Thị An Ninh***	187
21	XÁC ĐỊNH VẬN TỐC CỦA ĐIỂM TRONG HỆ NHIỀU BẬC TỰ DO CÓ CHUYỂN ĐỘNG PHỨC HỢP ***Huỳnh Văn Quân, Lê Hữu Đạt***	195
22	CHIẾN LƯỢC DỊCH ẨN DỤ TRONG TRUYỆN NGẮN A ROSE FOR EMILY CỦA WILLIAM FAULKNER: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP BẢN DỊCH TIẾNG VIỆT CỦA HOÀNG HỮU PHÊ ***Vũ Thị Minh Phương***	205
23	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH GIẢNG DẠY CHUYÊN NGÀNH BẰNG TIẾNG ANH (EMI) TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI ***Nguyễn Thị Thu Hà***	233
24	NHẬN THỨC CỦA SINH VIÊN CÁC TRƯỜNG KHỐI KINH TẾ KINH DOANH VỀ HIỆU ỨNG DỘI NGƯỢC CỦA BÀI THI IELTS LÊN ĐỘNG LỰC HỌC TẬP ***Nguyễn Thị Thanh Huyền, Đỗ Phương Anh***	248
25	TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TẠO SINH VÀ HỌC TẬP TỰ ĐIỀU CHỈNH: PHÂN TÍCH LÝ THUYẾT VÀ HÀM Ý SƯ PHẠM ***Nguyễn Quang Anh***	258
26	ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ VÀ HOẠT ĐỘNG TRÒ CHƠI TRONG GIẢNG DẠY TIẾNG PHÁP NHẰM NÂNG CAO ĐỘNG LỰC HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN ***Lê Nguyễn Thanh Hương***	269
27	VAI TRÒ CỦA HOẠT ĐỘNG ĐÓNG VAI JEU DE RÔLE TRONG VIỆC PHÁT TRIỂN KỸ NĂNG NÓI CHO SINH VIÊN TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI ***Nguyễn Phương Lan***	280

TT	NỘI DUNG	Trang
28	ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ LÊN NGƯNG TỤ EXCITON-POLARITON TRONG VI HỐC MẤT CÂN BẰNG KHỐI LƯỢNG ***Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Thị Hậu***	287
29	CÁC ĐẶC TRƯNG PHI CỔ ĐIỂN CỦA TRẠNG THÁI FOCK CHỒNG CHẤT THÊM VÀ KHỬ ĐƠN PHOTON ***Phan Thị Hiền Anh***	297
30	KHẢO SÁT TÍNH CHẤT ĐIỆN SẮC VÀ ĐẶC TÍNH NHẠY KHÍ NH_3 CỦA VẬT LIỆU LAI HÓA GRAPHENE /WO_3 ***Nguyễn Tuấn Sơn***	303
31	KHẢO SÁT TRẠNG THÁI NGƯNG TỤ POLARITON TRONG HỆ ĐIỆN TỬ-LỖ TRỐNG MẤT CÂN BẰNG KHỐI LƯỢNG THÔNG QUA HÀM PHỔ ĐƠN HẠT ***Nguyễn Thị Hậu, Đỗ Thị Hồng Hải***	313
32	NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC TINH THỂ, TÍNH CHẤT ĐA PHA ĐIỆN TỪ CỦA VẬT LIỆU $BiFeO_3$ PHA TẠP La ***Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng***	324
33	TẦM QUAN TRỌNG CỦA GIÁO CỤ THÍ NGHIỆM TRỰC QUAN TRONG GIẢNG DẠY VẬT LÝ TRONG CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC ***Nguyễn Xuân Chung***	331
34	TỔNG QUAN CHẾ TẠO, TÍNH CHẤT VÀ ỨNG DỤNG VẬT LIỆU NANO COMPOSITE Fe_3O_4/rGO/SiO_2 ***Nguyễn Phi Hùng, Nguyễn Trường Giang***	338
35	TỔNG QUAN VỀ VẬT LIỆU Fe_3O_4/C/Ag: CẤU TRÚC, TỔNG HỢP, ỨNG DỤNG VÀ TRIỂN VỌNG ***Nguyễn Phi Hùng, Nguyễn Trường Giang***	346
36	THANH NANO ZnO TỔNG HỢP TỪ THỦY NHIỆT CHO NHẠY KHÍ NO_2 NHIỆT ĐỘ PHÒNG VỚI SỰ HỖ TRỢ CỦA TIA UV ***Nguyễn Trường Giang***	354

TT	NỘI DUNG	Trang
37	THỬ NGHIỆM GẮN APTAMER LÊN HẠT NANO TỪ TÍNH KIM LOẠI NHẰM ĐÁNH DẤU TẾ BÀO ***Chu Tiến Dũng***	362
38	CẤU TRÚC HÓA HỌC CỦA MỘT SỐ HỢP CHẤT ĐƯỢC PHÂN LẬP TỪ LOÀI TRÀ HOA VÀNG CAMELLIA HIRSUTA Ở VIỆT NAM ***Hoàng Thị Tuyết Lan***	370
39	ĐẶC TRƯNG CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA XÚC TÁC LƯỠNG KIM LOẠI- LƯỠNG CHỨC NĂNG Pt-Sn/HZSM5 VÀ Pt-In/HZSM5 TRONG PHẢN ỨNG ISOMER HÓA n-HEXANE ***Lê Thị Thi Hạ***	377
40	MỘT SỐ HỢP CHẤT ĐƯỢC PHÂN LẬP TỪ THÂN CỦA LOÀI DÂY ĐAU XƯƠNG (*Tinospora sinensis*) ***Nguyễn Thị Mai***	385
41	MỘT SỐ HỢP CHẤT PHENYLPROPANOID GLYCOSIDE ĐƯỢC PHÂN LẬP TỪ LOÀI PHÌ DIỆP BIỂN (*Suaeda maritima* (L.) Durmort) ***Lê Ngọc Anh, Bùi Thị Nha Trang***	391
42	NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN HÓA HỌC CỦA MỘT SỐ HỢP CHẤT ĐƯỢC PHÂN LẬP TỪ LOÀI TRÀ HOA VÀNG CAMELLIA PHANII Ở VIỆT NAM ***Hoàng Thị Tuyết Lan***	398
43	PHÂN TÍCH HÀNH VI DỪNG, ĐỖ Ô TÔ TRONG KHÔNG GIAN ĐÔ THỊ VÀ ĐỊNH HƯỚNG GIẢI PHÁP QUẢN LÝ HIỆU QUẢ ***Ninh Khắc Tôn, Bùi Văn Phú***	406
44	PHỐI CẢNH HÌNH HỌA - CÔNG CỤ PHÁT TRIỂN TƯ DUY KHÔNG GIAN TRONG ĐÀO TẠO KỸ THUẬT ***Lê Thị Thanh Hằng***	417
45	TỐI ƯU HÓA GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP MÔN VẼ KỸ THUẬT CHO SINH VIÊN NĂM THỨ NHẤT TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI TỪ NĂNG LỰC TƯ DUY KHÔNG GIAN ***Nguyễn Tuấn Anh***	426

TT	NỘI DUNG	Trang
46	ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG TRỰC QUAN HÓA BẢN VẼ KỸ THUẬT PHỤC VỤ THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH ***Nguyễn Thị Quỳnh Như, Nguyễn Huy Long, Nguyễn Đại Hải, Trần Việt Hoàn***	433
47	NGHIÊN CỨU TÍCH HỢP GIÁO DỤC VÌ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESD) VÀO CHUẨN ĐẦU RA KHỐI NGÀNH KỸ THUẬT ***Nguyễn Xuân Tùng, Ngô Văn Minh, Bùi Trung Dũng***	443

LỜI NÓI ĐẦU

Nhận thức rõ tầm quan trọng của công tác nghiên cứu khoa học trong việc nâng cao chất lượng đội ngũ giảng viên, đồng thời nâng cao chất lượng giảng dạy, trong những năm gần đây, việc đẩy mạnh nghiên cứu khoa học đã được Khoa Khoa học Cơ bản xác định là một trong những hoạt động trọng tâm trong các chương trình công tác của Khoa.

Khoa Khoa học Cơ bản hiện có 81 cán bộ, giảng viên và 12 giảng viên thỉnh giảng, hợp đồng thuộc 08 bộ môn: Giải tích, Đại số & Xác suất thống kê, Vật lý, Hóa học, Anh văn, Nga-Pháp, Hình họa-Vẽ kỹ thuật và Cơ lý thuyết; trong đó có: 06 Phó Giáo sư, 25 Tiến sĩ, 45 Thạc sỹ, 05 Cử nhân. Hàng năm, Khoa chủ trì hàng chục đề tài cấp Trường; chủ trì và tham gia các đề tài cấp Bộ và đề tài Quỹ Nafosted. Trong 5 năm gần đây, các giảng viên của Khoa đã công bố 124 công trình trên các tạp chí quốc tế thuộc danh mục ISI và Scopus, góp phần tạo nên thương hiệu của Nhà trường.

Ngoài giảng dạy các môn khoa học cơ bản, từ năm học 2018-2019, Khoa KHCB được Nhà trường giao nhiệm vụ đào tạo chuyên ngành Toán - Tin ứng dụng thuộc ngành đào tạo Toán ứng dụng. Hiện đã có 6 khóa sinh viên tốt nghiệp ra trường, tỉ lệ sinh viên có việc làm ngay rất cao và với mức thu nhập cao. Năm học 2024 - 2025 khoa tiếp tục mở chuyên ngành Ngôn ngữ Anh chính thức tuyển sinh. Việc tiếp tục mở các ngành đào tạo mới, theo hướng chuyên môn mà Khoa đang quản lý là hướng phát triển tiếp theo của Khoa trong thời gian tới.

Để đạt được những thành quả trong giảng dạy và nghiên cứu, thời gian qua, Khoa đã luôn khuyến khích đội ngũ giảng viên chủ động đổi mới, cải tiến phương pháp giảng dạy, tích cực tham gia các Hội nghị, Hội thảo trong nước và quốc tế về các lĩnh vực chuyên môn, tăng cường các công bố quốc tế để nâng cao chất lượng nghiên cứu khoa học.

Tiếp nối thành công của Hội thảo từ năm 2018 đến nay, Khoa Khoa học Cơ bản tổ chức ***"Hội thảo về giảng dạy và nghiên cứu Khoa học Cơ bản năm 2026".*** *Hội thảo là diễn đàn để các giảng viên, các nhà khoa học trao đổi, học hỏi, chia sẻ kinh nghiệm nghiên cứu và giảng dạy trong các lĩnh vực: Toán học, Vật lý, Hóa học, Ngoại ngữ, Cơ lý thuyết và Hình họa - Vẽ kỹ thuật và các lĩnh vực khác liên quan. Những công trình nghiên cứu có giá trị của Hội thảo được biên tập và xuất bản trong cuốn* ***"Kỷ yếu Hội thảo về giảng dạy và nghiên cứu Khoa học Cơ bản năm 2026".***

Khoa Khoa học cơ bản trân trọng gửi lời cảm ơn tới các tác giả trong và ngoài Trường đã dành sự quan tâm và gửi đến Hội thảo các bài viết có chất lượng. Xin cảm ơn các nhà giáo, các nhà khoa học từ các Trường đại học, các Viện nghiên cứu đã dành thời gian và công sức đọc phản biện các bài báo, giúp Ban tổ chức lựa chọn các báo cáo tiêu biểu để đăng trong Kỷ yếu của Hội thảo. Những kết quả từ Hội thảo sẽ là cơ sở quan trọng để Khoa tiếp tục đổi mới, cải tiến phương pháp giảng dạy, định hướng nghiên cứu khoa học cũng như triển khai mở mới các ngành đào tạo.

Trong quá trình biên tập Kỷ yếu, không tránh khỏi những hạn chế, thiếu sót, Ban tổ chức mong nhận được sự chia sẻ và các ý kiến góp ý của độc giả.

Xin trân trọng cảm ơn!

BAN TỔ CHỨC HỘI THẢO

NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC TINH THỂ, TÍNH CHẤT ĐA PHA ĐIỆN TỪ CỦA VẬT LIỆU $BiFeO_3$ PHA TẠP La

Đào Việt Thắng[1,2,*], Nguyễn Mạnh Hùng[1,2]

[1]Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

[2]Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

[*]Tác giả liên hệ: Email: daovietthang@humg.edu.vn

Tóm tắt: *Vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%) được chế tạo bằng phương pháp Sol-gel. Ảnh hưởng của nồng độ pha tạp La lên cấu trúc tinh thể, tính chất sắt điện, sắt từ của vật liệu $BiFeO_3$ được phân tích bằng các kỹ thuật khác nhau như: Giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), phổ tán sắc năng lượng tia X (EDS), ảnh hiển vi điện tử quét (SEM), chu trình điện trễ và chu trình từ trễ. Kết quả phân tích XRD và EDS cho thấy ion La^{3+} đã được thay thế vào vị trí ion Bi^{3+} trong mạng tinh thể. Sự thay thế của ion La^{3+} vào vị trí ion Bi^{3+} đã làm co mạng tinh thể dẫn đến giảm hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể. Ảnh hưởng của nồng độ pha tạp La lên tính chất sắt điện, sắt từ của vật liệu được phân tích và thảo luận chi tiết trong báo cáo này.*

Từ khóa: *Vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$, XRD, EDS, sắt điện, sắt từ.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu $BiFeO_3$ (BFO) là một trong số rất ít vật liệu đa pha điện từ tự nhiên. Vật liệu này thể hiện đồng thời trật tự sắt điện (nhiệt độ Curie T_C ~ 1100 K), phản sắt từ (ở nhiệt độ Néel T_N ~ 640 K) và hiệu ứng từ - điện [1, 2]. Nhờ vậy, vật liệu BFO có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: cảm biến, thiết bị đọc và ghi từ, các thiết bị tổ hợp nhiều chức năng, ….Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra tính chất sắt điện của vật liệu BFO bắt nguồn tử lẻ cặp điện tử $6s^2$ của Bi và lệch khỏi tâm bát diện FeO_6 của ion Fe^{3+}, trong khi đó tính chất sắt từ của vật liệu BFO có nguồn gốc từ tương tác trao đổi Fe^{3+}-Fe^{3+} và sự sắp xếp các điện tử lớp 3d của ion Fe^{3+}. Tuy nhiên, ở nhiệt độ phòng tính chất sắt điện và sắt từ của vật liệu BFO thường rất yếu làm hạn chế khả năng ứng dụng của vật liệu này. Các nghiên cứu thường tập trung cải thiện tính chất sắt từ của vật liệu BFO theo các hướng: pha tạp ion đất hiếm (Nd^{3+}, Gd^{3+}, Ho^{3+}, Eu^{3+}…) vào vị trí ion Bi^{3+} [3, 4]; pha tạp các ion kim loại chuyển tiếp (Co^{2+}, Ni^{2+}, Mn^{2+}) vào vị trí ion Fe^{3+} [5, 6]; hoặc pha tạp đồng thời ion đất hiếm và kim loại chuyển tiếp vào vị trí của ion Bi^{3+}, Fe^{3+} [7-10].

Trong báo cáo này, chúng tôi trình bày phương pháp chế tạo vật liệu $BiFeO_3$ pha tạp La với các nồng độ x = 0; 2,5%; 5%, nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ pha tạp La lên cấu trúc tinh thể, tính chất sắt điện, sắt từ của vật liệu $BiFeO_3$. Các cơ chế ảnh hưởng của La lên tính chất chất sắt điện, sắt từ cũng được thảo luận chi tiết trong báo cáo này.

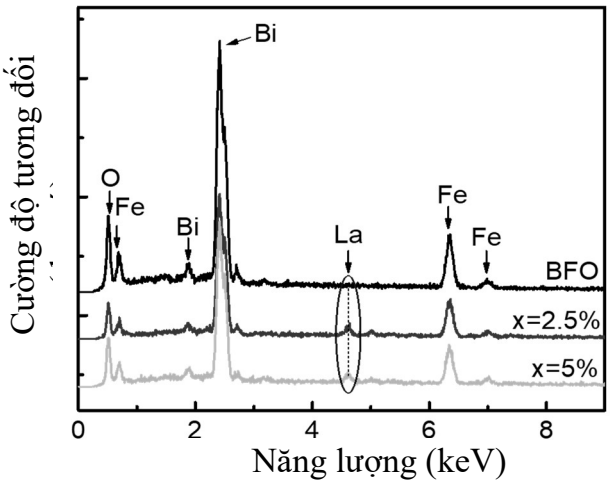
2. THÍ NGHIỆM

Vật liệu $BiFeO_3$ pha tạp La được chế tạo bằng phương pháp sol-gel. Các tiền chất được sử dụng để tổng hợp vật liệu gồm có $Bi(NO_3)_3.5H_2O$; $Fe(NO_3)_3.9H_2O$; $La(NO_3)_3.6H_2O$; axit citric ($C_6H_8O_7$) và ethylene glycol ($C_2H_6O_7$). Các muối $Bi(NO_3)_3.5H_2O$; $Fe(NO_3)_3.9H_2O$; $La(NO_3)_3.6H_2O$ được cân khối lượng với tỷ phần thích hợp. Tiếp theo, hỗn hợp các muối được hòa tan trong 35 ml dung dịch axit citric ở nhiệt độ 60 °C trong thời gian 1 giờ được dung dịch A. Sau đó, nhỏ 15 ml dung dịch ethylene glycol vào dung dịch A, tiếp tục khuấy đều trong thời gian 2 giờ thu được dung dịch dạng Sol trong. Tiếp theo, tăng nhiệt độ của Sol lên 100 °C để nước bay hơi trong thời gian 2 giờ thu được gel ướt. Gel ướt được sấy ở nhiệt độ 120 °C trong thời gian 4 giờ thu được gel khô. Cuối cùng, gel khô được ủ ở nhiệt độ 800 °C trong 6 giờ thu được vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ dạng bột.

Trong nghiên cứu này, cấu trúc tinh thể của hệ vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ được khảo sát bằng giản đồ nhiễu xạ tia X trên hệ đo Equinox 5000, λ (Cu-K_α) = 1,5604 Å, với 2θ trong khoảng 20 ÷ 70° bước quét 0,02°; phổ tán sắc năng lượng tia X và ảnh hiển vi điện tử quét được khảo sát trên hệ đo SEM, Quanta 450; chu trình điện trễ P-E được thực hiện trên hệ đo Radiant, Precision LC 10 V; chu trình từ trễ M-H được thực hiện trên hệ đo Lake Shore Cryotronics, 704 VSM.

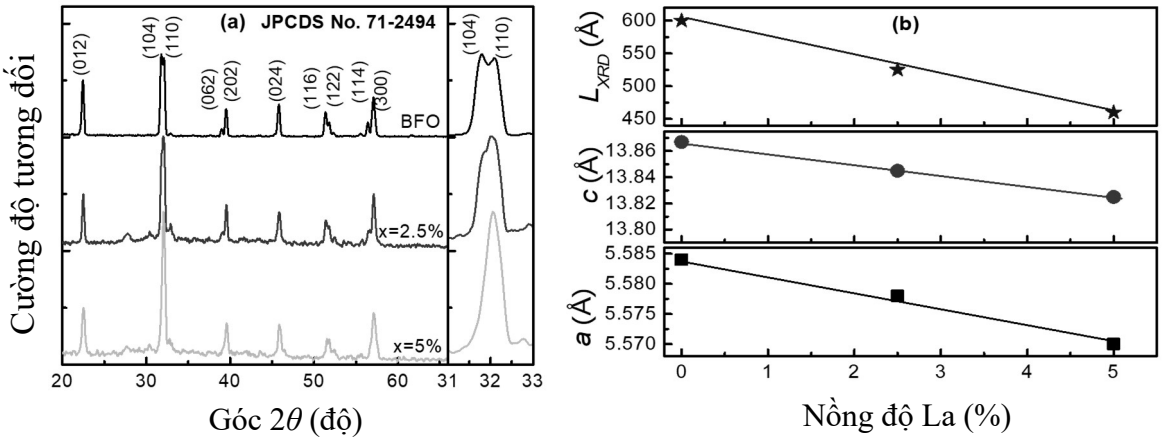
Để khảo sát tính chất sắt điện, mẫu bột được nghiền trong cồn ethanol rồi ép thành dạng viên nén đường kính 6 mm, ở áp suất 20 MPa. Các viên nén sau khi ép được nung thiêu kết ở nhiệt độ 800 °C trong thời gian 8 giờ. Mẫu sau khi nung được mài bằng giấy giáp có độ mịn khác nhau để có độ dày đồng đều 1,2 mm. Tiếp theo, các viên nén được làm sạch rồi phủ keo bạc lên 2 bề mặt để làm điện cực. Cuối cùng, các mẫu được nung ở nhiệt độ 500 °C trong thời gian 2 giờ để tăng độ bám dính của keo bạc.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 1. Phổ tán sắc năng lượng tia X của vật liệu Bi1-*x*La*x*FeO3 (*x* = 0; 2,5%; 5%).

Hình 1 là phổ tán sắc năng lượng tia X (EDS) của hệ vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%). Như quan sát thấy trên Hình 1, mẫu BFO chỉ xuất hiện các đỉnh đặc trưng của Bi (ở vị trí 1,9; 2,4; 2,7 keV), Fe (ở vị trí 6,3; 7,0 keV), O (ở vị trí 0,5 keV). Đối với các mẫu pha tạp, ngoài các đỉnh đặc trưng của Bi, Fe, O còn xuất hiện thêm đỉnh đặc trưng của La (ở vị trí 4,6 keV). Đỉnh này có cường độ tăng khi nồng độ pha tạp La tăng. Kết quả phân tích phổ tán sắc năng lượng tia X cho thấy các mẫu có thành phần hóa học phù hợp. Đây là cơ sở ban đầu để chúng tôi tiến hành khảo sát các đặc trưng cấu trúc, tính chất của vật liệu.

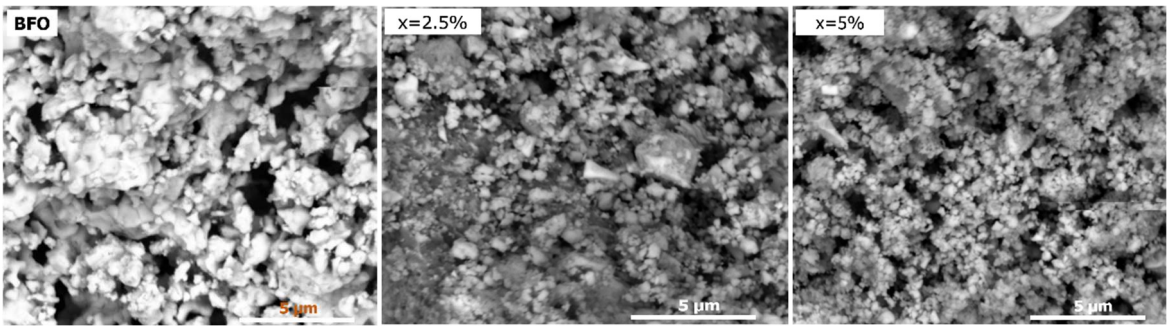


Hình 2. a) Giản đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%); b) Sự phụ thuộc hằng số mạng và kích thước tinh thể theo nồng độ pha tạp La.

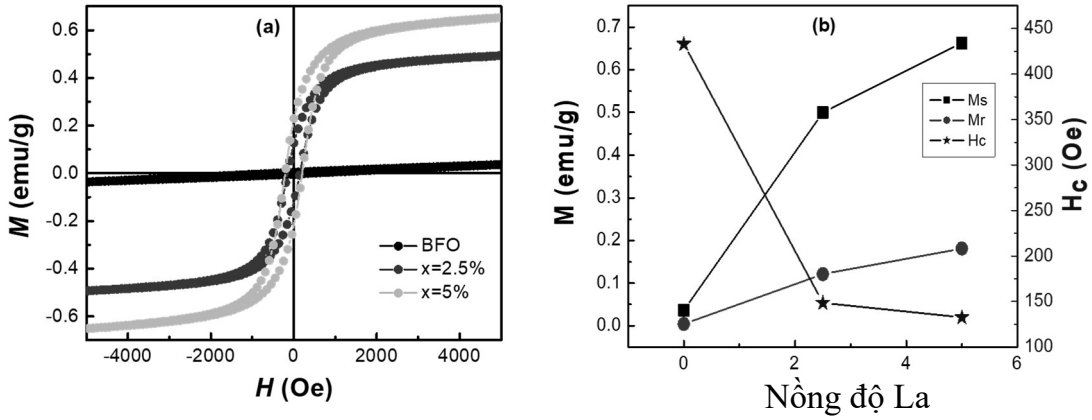
Hình 2a là giản đồ nhiễu xạ tia X của hệ vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%). Như quan sát thấy trên Hình 2a, các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện tại các vị trí có góc 2θ vào khoảng 22,5; 31,8; 32,1; 38,9; 39,4; 45,8; 51,4; 51,9; 56,3 và 57°. Các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 71-2494. Theo thẻ chuẩn này cho thấy vật liệu có cấu trúc lục giác thuộc nhóm không gian R_{3C}, các đỉnh nhiễu xạ tương ứng với các họ mặt phẳng mạng (012), (104), (110), (062), (202), (024), (116), (122), (114) và (300). Với các mẫu pha tạp, ta quan sát thấy các đỉnh nhiễu xạ có xu hướng dịch về phía góc 2θ lớn, hai đỉnh (104) và (110) có xu hướng gộp thành một đỉnh. Phân tích dữ liệu phép đo giản đồ nhiễu xạ tia X, sử dụng phần mềm UnitCell và công thức Debye Sherrer để xác định hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể. Kết quả cho thấy vật liệu BFO có hằng số mạng tinh thể $a = b$ = 5,584 Å; c = 13,867 Å, kích thước tinh thể L_{XRD} = 600 Å. Hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể đều giảm khi nồng độ pha tạp La tăng (như quan sát thấy trong Hình 2b). Điều này có thể được giải thích là do ion La^{3+} (1,16 Å) bán kính nhỏ thay thế vị trí ion Bi^{3+} (1,17 Å) bán kính lớn hơn dẫn tới co mạng tinh thể, làm giảm hằng số mạng và kích thước tinh thể. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Wasi Khan và các cộng sự [11].

Hình 3 là ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) của vật liệu vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%). Như quan sát thấy mẫu BFO có kích thước hạt không đồng đều, có nhiều hạt nhỏ đan xen với các hạt có kích thước lớn hơn. Đối với các mẫu pha tạp La, các hạt

đồng đều hơn, kích thước hạt giảm khi nồng độ pha tạp La tăng. Kết quả chụp ảnh hiển vi điện tử quét cũng phù hợp với kết quả phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X đã trình bày ở trên. Để xác định ảnh hưởng của nồng độ pha tạp La lên tính chất điện - từ của vật liệu, chúng tôi đã khảo sát chu trình từ trễ và điện trễ, kết quả được trình bày bên dưới.



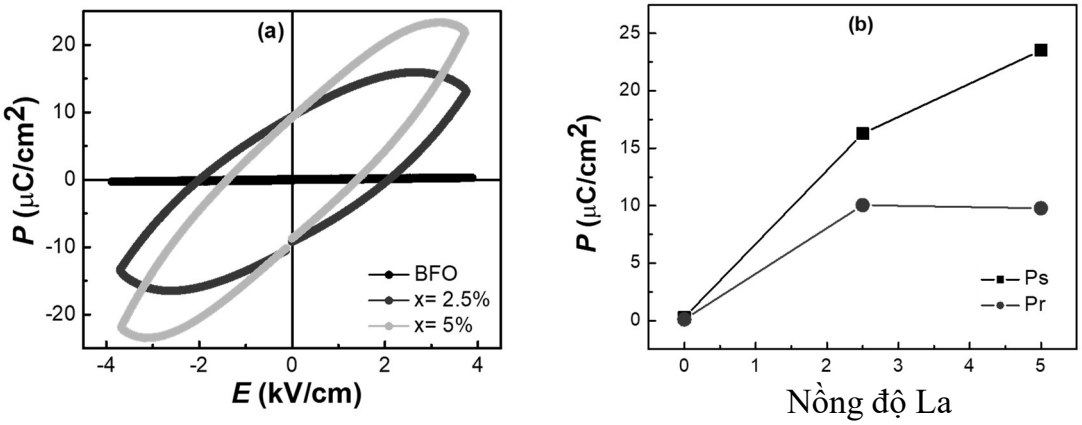
Hình 3. Ảnh hiển vi điện tử quét của vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%).



Hình 4. a) Chu trình từ trễ của vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%);
b) Giá trị từ độ bão hòa (M_s), từ độ dư (M_r), lực kháng từ (H_C) thay đổi theo nồng độ pha tạp La.

Hình 4 là chu trình từ trễ của vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%). Ta có thể thấy vật liệu $BiFeO_3$ thể hiện tính chất sắt từ yếu, tính chất sắt từ của vật liệu được tăng cường khi pha tạp La. Mẫu không pha tạp BFO có từ độ bão hòa M_s = 0,036 emu/g, từ độ dư M_r = 0,004 emu/g, lực kháng từ H_c = 433 Oe, giá trị từ độ bão hòa M_s, từ độ dư M_r lần lượt tăng tới 0,663 emu/g; 0,181 emu/g trong khi lực kháng từ H_c giảm xuống tới 133 Oe khi nồng độ pha tạp La tăng tới 5% mol. Như đã biết tính chất sắt từ của vật liệu BFO có nguồn gốc từ tương tác siêu trao đổi Fe^{3+}- O^{2-} - Fe^{3+}. Đối với các mẫu pha tạp La tính chất sắt từ được tăng cường là do: (i) Mẫu nung ở nhiệt độ cao làm xuất hiện các nút khuyết ôxy dẫn tới xuất hiện các tương tác siêu trao đổi Fe^{3+}- □ - Fe^{3+}; (ii) Tính chất sắt từ có nguồn gốc từ tương tác siêu trao đổi Fe^{3+}- O^{2-} - Fe^{3+} (hoặc Fe^{3+}- □ - Fe^{3+}). Do vậy, khi nồng độ pha tạp La càng lớn thì càng nhiều vị trí ion Bi^{3+} được thay thế bởi ion La^{3+} làm xuất hiện các tương tác trao đổi La^{3+}-O^{2-}-Fe^{3+}; La^{3+}- ϒ - Fe^{3+}, đồng thời sự co

mạng tinh thể cũng cho tương tác trao đổi Fe^{3+}/La^{3+}- O^{2-}- Fe^{3+}; Fe^{3+}/La^{3+}- □ - Fe^{3+} trở nên mạnh hơn [9]; (iii) từ tính của các mẫu này còn do tương tác trao đổi gián tiếp giữa hai ion từ Fe^{3+}/La^{3+} được thực hiện thông qua sự phân cực các điện tử dẫn; (iv) từ tính của các mẫu còn phụ thuộc vào sự sắp xếp các điện tử lớp 3*d* của Fe^{3+} trong trường bát diện. Khi một lượng ion La^{3+} được thế vào vị trí của Bi^{3+} làm méo mạng tinh thể có thể dẫn tới sự tách mức năng lượng của Fe^{3+} trong trường bát diện. Tùy thuộc vào trường tinh thể là trường yếu hay trường mạnh, các điện tử lớp 3*d* của ion Fe^{3+} ở trạng thái spin cao ($t_{2g}^3 e_g^2$), ở trạng thái spin thấp ($t_{2g}^5 e_g^0$). Như vậy, bằng cách pha tạp La vào vật liệu $BiFeO_3$ đã làm tăng tính sắt từ của vật liệu.



Hình 5. a) Chu trình điện trễ của vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%);
b) Giá trị độ phân cực điện bão hòa (P_s), độ phân cực điện dư (P_r) thay đổi theo nồng độ pha tạp La.

Hình 5 là chu trình điện trễ của vật liệu $Bi_{1-x}La_xFeO_3$ (x = 0; 2,5%; 5%). Ta thấy các mẫu thể hiện tính chất sắt điện yếu. Vật liệu BFO có độ phân cực điện bão hòa P_s = 0,288 μC/cm^2, độ phân cực điện dư P_r = 0,090 μC/cm^2. Đối với các mẫu pha tạp La, tính chất sắt điện được tăng cường rõ rệt. Giá trị độ phân cực điện bão hòa, độ phân cực điện dư đều tăng, đạt tới giá trị 23,534 μC/cm^2 và 9,777 μC/cm^2 khi nồng độ pha tạp tăng tới 5% mol. Giá trị độ phân cực điện bão hòa, độ phân cực điện dư thay đổi theo nồng độ pha tạp được chỉ ra trong Hình 5b. Như đã biết tính chất sắt điện của vật liệu BFO có nguồn gốc từ lẻ cặp điện tử $6s^2$ của Bi và lệch khỏi tâm bát diện FeO_6 của ion Fe^{3+} [1, 12]. Tính chất sắt điện của các mẫu pha tạp được tăng cường là do độ âm điện của La (1,1) nhỏ thay thế vị trí Bi (2,2) có độ âm điện lớp hơn, kết hợp với sự khuyết ôxy dẫn tới méo mạng tinh thể làm ion Fe^{3+} lệch khỏi tâm bát diện FeO_6 tạo nên sự phân cực điện. Khi ion Bi^{3+} được thay thể bởi ion La^{3+} càng nhiều thì sự phân cực điện càng lớn. Vì vậy, độ phân cực điện bão hòa và độ phân cực điện dư đều tăng khi nồng độ pha tạp tăng. Từ kết quả phân tích chu trình điện trễ và chu trình từ trễ có thể thấy vật liệu BFO pha tạp La đã cải thiện được tính chất multiferroic của vật liệu ở nhiệt độ phòng.

4. KẾT LUẬN

Vật liệu $BiFeO_3$ pha tạp La với nồng độ x = 0; 2,5%; 5% được chế tạo thành công bằng phương pháp sol-gel. Vật liệu nền $BiFeO_3$ có cấu trúc lục giác với hằng số mạng tinh thể $a = b$ = 5,584 Å; c = 13,867 Å. Hằng số mạng tinh thể và kích thước tinh thể đều giảm khi nồng độ pha tạp La tăng. Sự thay thế vị trí ion Bi^{3+} bởi ion La^{3+} trong cấu trúc mạng tinh thể $BiFeO_3$ đã cải thiện được tính chất sắt điện và sắt từ của vật liệu này. Giá trị từ độ bão hòa M_s tăng từ 0,036 emu/g tới 0,663 emu/g, độ phân cực điện bão hòa tăng từ 0,288 μC/cm^2 tới 28,534 μC/cm^2 khi nồng độ pha tạp La tăng từ 0 tới 5% mol. Vật liệu $BiFeO_3$ pha tạp La đã cải thiện được tính chất multiferroic của vật liệu ở nhiệt độ phòng.

Tài liệu tham khảo:

[1]. C. He, Z.-J. Ma, B.-Z. Sun, R.-J. Sa and K. Wu, The electronic, optical and ferroelectric properties of $BiFeO_3$ during polarization reversal: A first principle study, J. Alloy. Compd. 623, (2015) 393-400. http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.11.062.

[2]. G. D. Jadav, S. K. Chavda, P. V. Kanjariya and J. A. Bhalodia, Influence of the Gd substitution on the structural, magnetic and electrical properties of $BiFeO_3$, Materials Today: Proceedings. 47, 2 (2021) 510-516. 10.1016/j.matpr.2020.09.780.

[3]. X. Li, Z. Zhu, X. Yin, F. Wang, W. Gu, Z. Fu and Y. Lu, Enhanced magnetism and light absorption of Eu-doped $BiFeO_3$, J. Mater. Sci. - Mater. El. 27, 7 (2016) 7079-7083. https://link.springer.com/article/10.1007/s10854-016-4666-3.

[4]. W. Angelika, K. Alexander, B. Izabela, B. Adam and W. P. Aleksandra, Influence of the La^{3+}, Eu^{3+}, and Er^{3+} Doping on Structural, Optical, and Electrical Properties of $BiFeO_3$ Nanoparticles Synthesized by Microwave-Assisted Solution Combustion Method, J. Nanomater. 2019, (2019) 1-11. https://doi.org/10.1155/2019/5394325.

[5]. P. Iyyappa Rajan, S. Mahalakshmi and S. Chandra, Establishment of half-metallicity, ferrimagnetic ordering and double exchange interactions in Ni-doped $BiFeO_3$ - A first-principles study, Comp. Mater. Sci. 130, (2017) 84-90. 10.1016/j.commatsci.2016.12.034.

[6]. X. Xue, G. Tann, W. Liu and H. Hao, Structural, optical and magnetic properties of $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ thin film, Mater. Lett. 128, (2014) 303-305. 10.1016/j.matlet.2014.04.172.

[7]. C.-C. Zhang, J.-Q. Dai and X.-L. Liang, Enhanced ferroelectric properties of (Zn, Ti) equivalent co-doped $BiFeO_3$ flms prepared via the sol-gel method, Ceram. Int. 47, (2021) 16776-16785. 10.1016/j.ceramint.2021.02.250.

[8]. D. V. Thang, N. M. Hung, N. C. Khang, L. T. M. Oanh, V. Q. Nguyen and N. V. Minh, Microstructure and Physical Properties of (Eu, Ni) Co-doped $BiFeO_3$ Materials, ESC Journal of Solid State Science and Technology. 2023, 12 (2023) 043004. 10.1149/2162-8777/acbdbc.

[9]. D. V. Thang and N. M. Hung, Effect of (Gd, Co) Co-Doping on Ferroelectric and Ferromagnetic Properties of $BiFeO_3$ Material, ECS Journal of Solid State Science and Technology. 14, 5 (2025) 053002. 10.1149/2162-8777/adcc52.

[10]. L. T. Mai Oanh, D. V. Thang, D. D. Bich, P. D. Chung, N. M. Hung, N. Van Quang and N. Van Minh, Enhancement of ferroelectric and ferromagnetic properties of Gadolinium (Gd) and Nickel (Ni) co-doped $BiFeO_3$, Ceram. Int. 46, 11 (2020) 17423-17429. 10.1016/j.ceramint.2020.04.036.

[11]. M. Nadeem, W. Khan, S. Khan, S. Husain, F. Singh, A. Ansari, D. K. Shukla, A. Ahad, V. K. Chakradhary and M. J. Akhtar, Structural, optical and enhanced multiferroic properties of La/Cr co-substituted $BiFeO_3$ nanostructures, Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 31, 14 (2020) 11177-11194. 10.1007/s10854-020-03666-3.

[12]. S. Jethva, S. Katb, C. Savaliya, A. Ravalia, M. Bhatnagar, M. Ranjan, D. Shukla, D. M. Phase and D. G. Kuberkar, Electronic structure correlation with ferroelectric behavior of Ca-doped $BiFeO_3$ flms, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. 243, (2020) 146983. 10.1016/j.elspec.2020.146983.

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
Địa chỉ: Số 8 phố Tăng Bạt Hổ, phường Cửa Nam, TP. Hà Nội
ĐT: 024.39423346 - 024.39424620 * Fax: 024.38224784
Website: www.nxbgtvt.vn

CHỊU TRÁCH NHIỆM XUẤT BẢN, NỘI DUNG:
GIÁM ĐỐC - TỔNG BIÊN TẬP: **Nguyễn Minh Nhật**

BIÊN TẬP: **Dương Hồng Hạnh**
THIẾT KẾ: **Xưởng in Trường Đại học Giao thông vận tải**

ĐỐI TÁC LIÊN KẾT XUẤT BẢN: **Trường Đại học Giao thông Vận tải**

In 300 cuốn khổ 20,5 x 29,5cm tại Xưởng in Trường Đại học Giao thông Vận tải.
Địa chỉ: Số 3, phố Cầu Giấy, Phường Láng, TP. Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 1146-2026/CXBIPH/3-22/GTVT.
Mã số sách tiêu chuẩn quốc tế - ISBN: 978-604-76-3346-3.
Quyết định xuất bản số: 43 LK/QĐ-XBGT ngày 02 tháng 4 năm 2026.
In xong và nộp lưu chiểu năm 2026.