SPMS 2019

HỘI NGHỊ VẬT LÝ CHẤT RẮN VÀ KHOA HỌC VẬT LIỆU TOÀN QUỐC LẦN THỨ XI

Quyển 1

ISBN: 978-604-98-7505-2

Sách không bán

SPMS 2019

Trường Đại học Quy Nhơn, 02 – 04/11/2019

# Hội nghị VẬT LÝ CHẤT RẮN VÀ KHOA HỌC VẬT LIỆU TOÀN QUỐC LẦN THỨ XI

## TUYỂN TẬP BÁO CÁO

Quyển 1

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

## MỤC LỤC

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN CÔNG NGHỆ ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA HẠT NANO FePd CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN HÓA SIÊU ÂM, *Nguyễn Hoàng Lương, Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trương Thành Trung, Lưu Mạnh Kiên, Phi Thị Hương, Chu Tiến Dũng Trần Thị Hồng, Nguyễn Hoàng Nam* ..... 1

CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT CỦA HẠT NANO TỪ $L1_0$ $Fe_{63}Pd_3$, *Trương Thành Trung, Nguyễn Hoàng Nam, Phi Thị Hương, Chu Tiến Dũng, Nguyễn Hoàng Lương* ..... 5

NGHIÊN CỨU CHỨC NĂNG HÓA NHÓM COOH LÊN HẠT NANO $Fe_3O_4$ NHẰM ỨNG DỤNG TÁCH CHIẾT TẾ BÀO TRONG MÁU, *Phi Thị Hương, Lưu Mạnh Kiên, Trần Thị Vân Anh, Nguyễn Hoàng Nam* ..... 9

ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ DƯ La LÊN CẤU TRÚC TINH THỂ, TÍNH CHẤT TỪ VÀ TÍNH CHẤT NHIỆT ĐIỆN TRONG HỢP CHẤT $La_xFe_{1,05}Si_{,95}$, *Vương Văn Hiệp, Đỗ Thị Kim Anh, Ngạc An Bang, Sái Công Doanh, Nguyễn Duy Thiện, Huỳnh Đăng Chính, Hoàng Nam Nhật* ..... 13

SPUTTERING SOFT MAGNETIC CORE THIN FILMS FOR MINIATURE PLANAR FLUXGATE MAGNETOMETERS, *Luong Van Su, To Thanh Loan* ..... 18

CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT TỪ CỦA CÁC HẠT $Y_{3-x}Ce_xFe_{5-x}Mg_xO_{12}$ CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP SOL-GEL, *Đào Thị Thủy Nguyệt, Vũ Thị Hoài Hương, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Phúc Dương* ..... 23

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU NANO LAI TRÊN NỀN GRAPHEN OXIT VÀ HẠT NANO TỪ $Fe_3O$, *Bùi Thị Huệ, Nguyễn Thị Thu Thảo, Ngô Thị Huyền Ngân, Nguyễn Thị Lan* ..... 27

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ TÍNH CHẤT CỦA HẠT NANOCOMPOSITE $ZnFe_2O_4/ZnO$, *Đinh Khắc Huy, Tô Thanh Loan, Nguyễn Kim Thanh, Hoàng Mạnh Chung, Nguyễn Phúc Dương* ..... 32

ẢNH HƯỞNG CỦA LỚP ZnO LÊN CẤU TRÚC VÀ TỪ TÍNH CỦA HỆ HẠT NANOCOMPOSITE $CuFe_2O_4/ZnO$, *Tô Thanh Loan, Nguyễn Kim Thanh, Đinh Khắc Huy, Nguyễn Xuân Thấu* ..... 37

FABRICATION AND MAGNETIC PROPERTIES OF $CoFe_2O_4/CoFe_2/SiO_2$ NANOPARTICLES, *N. T. H. Thi, T. T. V. Nga, N. T. Lan, N. Q. Minh, N. K. Thanh* ..... 41

PROPERTIES OF AMORPHOUS $Fe_2Co$-$Fe_2CoO_4$ AND $Fe_2Co$ NANOMATERIALS WITH PVP COATING, *Nghiem Phuong Thao, Tran Minh Thi, Nguyen Mau Lam, Le Thi Hong Hai, Pham Thi Thanh Nguyen Hai Yen* ..... 46

DỊCH CHUYỂN VÁCH DOMAIN TRONG DÂY NANO HỢP KIM $Ni_{80}Fe_{20,}$ *Hoàng Đức Quang, Cao Xuân Hữu, Nguyễn Hoài Thương Đào Vĩnh Ái, Tống Duy Hiển* ..... 51

TÍNH CHẤT TỚI HẠN CỦA VẬT LIỆU $La_{0,7}Sr_{0,3}Mn_{1-x}M_xO_3$ (M = Co, Ni), *Đinh Chí Linh, Nguyễn Thị Dung, Trần Đăng Thành* ..... 62

TÍNH CHẤT TỪ VÀ HIỆU ỨNG TỪ NHIỆT CỦA HỆ HỢP KIM NGUỘI NHANH $Fe_{81-x}Cr_{x+4}B_2Nd_3Zr_{10}$, *Nguyễn Hải Yến, Nguyễn Hoàng Hà, Nguyễn Huy Ngọc, Phạm Thị Thanh, Nguyễn Huy Dân* ..... 68

NGHIÊN CỨU MỞ RỘNG VÙNG CHIẾT SUẤT ÂM SỬ DỤNG CẤU TRÚC LƯỚI ĐĨA ĐA LỚP DỰA TRÊN LAI HÓA PLASMON, *Nguyễn Thị Hiền , Nguyễn Xuân Ca, Nguyễn Văn Khiển, Nguyễn Thanh Tùng, Vũ Đình Lãm* ..... 73

TỐI ƯU VẬT LIỆU BIẾN HÓA HẤP THỤ ĐA DẢI TẦN Ở VÙNG HỒNG NGOẠI KHÔNG PHỤ THUỘC VÀO PHÂN CỰC CỦA SÓNG ĐIỆN TỪ, *Nguyễn Thị Hiền , Nguyễn Vân Ngọc , Nguyễn Xuân Ca, Bùi Xuân Khuyến , Bùi Sơn Tùng , Vũ Đình Lãm*..... 79

THIẾT KẾ CẤU TRÚC ĐA LỚP HẤP THỤ VI SÓNG BĂNG THÔNG RỘNG SỬ DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU BẦY ĐÀN, *Đặng Hải Ninh, Nguyễn Trần Hà, Phạm Văn Thìn*.... 84

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN KHẢ NĂNG HẤP THỤ DẢI TẦN RỘNG CỦA VẬT LIỆU BIẾN HÓA BẰNG GRAPHENE, *Trần Văn Huỳnh, Bùi Xuân Khuyến Bùi Sơn Tùng Vũ Đình Lãm, Nguyễn Thanh Tùng* ..... 90

ẢNH HƯỞNG CỦA KIM LOẠI SẮT TỪ LÊN NHIỆT ĐỘ CHUYỂN PHA CỦA VẬT LIỆU TỪ NHIỆT DẠNG DÂY MICRO NỀN Gd, *Nguyễn Thị Mỹ Đức , Ngô Thu Hương , Phan Mạnh Hưởng*..... 98

ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH THƯỚC HẠT LÊN CÔNG SUẤT TỔN HAO CỦA HỆ HẠT NANO $CoFe_2O$, *Phạm Hồng Nam, Đỗ Duy Thanh, Nguyễn Hoài Nam, Lê Thế Tâm Lưu Hữu Nguyên, Đỗ Hùng Mạnh, Phạm Thanh Phong, Nguyễn Xuân Phúc* ..... 103

POROUS POLYANILINE - COPPER/NICKEL FERRITE COMPOSITE FOR ENHANCED ADSORPTION OF URANIUM FROM AQUEOUS SOLUTION, *Tran Quang Dat, Nguyen Vu Tung, Pham Van Thin* ..... 107

VẬT LIỆU BIẾN HÓA CÓ HIỆU ỨNG TRUYỀN QUA CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ HOẠT ĐỘNG Ở VÙNG KHẢ KIẾN DỰA TRÊN CẤU TRÚC ĐIỆN MÔI, *Phạm Thế Linh, Nguyễn Vân Ngọc, Bùi Xuân Khuyến, Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Sơn Tùng, Vũ Đình Lãm* ..... 114

ĐIỀU KHIỂN DẢI TẦN SỐ HẤP THỤ CỦA VẬT LIỆU BIẾN HÓA TRONG VÙNG TẦN SỐ WiMAX-WLAN, *Bùi Xuân Khuyến, Bùi Sơn Tùng, Nguyễn Thanh Tùng, Trần Tiến Lâm, Vũ Thị Hồng Hạnh, Đỗ Thùy Chi, Nguyễn Thị Hiền Trần Văn Huỳnh[4] và Vũ Đình Lãm*..... 119

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CÔNG NGHỆ TỚI CỨU CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT TỪ CỦA VẬT LIỆU BĂNG $Co_{65}Fe_4Ni_2Si_{15}B_1$, *Hoàng Thu Hà, Ngô Thu Hương*..... 124

CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT TỪ CỦA HẠT NANO $Fe_{3-x}Co_xO$, *Hoàng Thu Hà, Ngô Thu Hương*..... 127

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU TỪ CỨNG Mn-Ga-Al BẰNG PHƯƠNG PHÁP NGHIỀN CƠ NĂNG LƯỢNG CAO, *Phạm Thị Thanh, Nguyễn Mẫu Lâm Dương Đình Thắng Nguyễn Huy Ngọc, Đinh Thị Kim Oanh, Nguyễn Hải Yến, Nguyễn Huy Dân*..... 131

NGHIÊN CỨU HIỆU ỨNG TỪ NHIỆT CỦA VẬT LIỆU $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{1-x}Cu_xO_3$ ($x$=0.08 và 0.12) BẰNG MÔ HÌNH HIỆN TƯỢNG LUẬN, *Lê Thị Tuyết Ngân, Lê Viết Báu, Tạ Ngọc Bách, Phạm Hồng Nam, Nguyễn Văn Đăng, Phạm Thanh Phong*..... 135

TÍNH CHẤT TỪ VÀ HIỆU ỨNG TỪ NHIỆT CỦA HỆ VẬT LIỆU $Pr_{0,7}A_{0,3}MnO_3$ (A = Ca, Sr và Ba), *Nguyễn Thị Dung, Đinh Chí Linh, Trần Đăng Thành*..... 141

NÂNG CAO LỰC KHÁNG TỪ CỦA NAM CHÂM THIÊU KẾT Nd-Fe-B BẰNG CÁCH PHA TẠP VÀO BIÊN HẠT, *Nguyễn Huy Dân, Phạm Thị Thanh, Đinh Thị Kim Oanh, Nguyễn Hải Yến, Nguyễn Văn Dương, Nguyễn Huy Ngọc, Trần Đăng Thành, Phạm Văn Đại* ..... 148

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO HỢP KIM ENTROPY CAO CÓ HIỆU ỨNG NHỚ HÌNH, *Nguyễn Huy Dân, Trần Đăng Thành, Phạm Thị Thanh, Nguyễn Huy Ngọc, Đặng Doãn Nuôi, Nguyễn Hải Yến, Phạm Văn Đại* ..... 152

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG PHÁT HIỆN TỪ TRƯỜNG YẾU CỦA CẢM BIẾN TỪ TỔNG TRỞ TRONG DẢI TẦN SỐ CAO, *Đào Sơn Lâm, Trần Đăng Thành, Nguyễn Huy Dân, Ngô Thu Hương, Phan Mạnh Hưởng* ..... 156

TƯƠNG QUAN GIỮA CÁC THAM SỐ TỚI HẠN VÀ HIỆU ỨNG TỪ NHIỆT TRONG PEROVSKITE $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{1-x}Cu_xO_3$ ($x$=0-0.06), *Lê Viết Báu, Lê Thị Giang*..... 161

VẬT LIỆU ĐA PHA SẮT TỔ HỢP ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG TRONG LƯU TRỮ THÔNG TIN, *La Văn Năm, Nguyễn Thị Minh Hồng, Nguyễn Huy Tiệp, Phạm Đức Thắng* 167

SỰ PHỤ THUỘC CỦA TỐC ĐỘ DỊCH CHUYỂN VÁCH ĐÔ MEN THEO TỪ TRƯỜNG CỦA MÀNG MỎNG ĐA LỚP CoFeB/Pd, *Quách Duy Trường, Chu Tiến Dũng, Phạm Đức Thắng* ..... 171

SỰ PHỤ THUỘC CỦA ĐƯỜNG CONG TỪ TRỄ VÀO TỐC ĐỘ THAY ĐỔI TỪ TRƯỜNG CỦA MÀNG MỎNG ĐA LỚP CoFeB/Pd, *Quách Duy Trường*..... 175

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO NANO BÁN DẪN ZnS:Mn BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỒNG KẾT TỦA VỚI SỰ HỖ TRỢ CỦA SÓNG SIÊU ÂM, *Chu Tiến Dũng, Quách Duy Trường, Phạm Đức Thắng* ..... 179

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN NĂNG LƯỢNG CỘNG HƯỞNG HUỲNH QUANG PHÁT HIỆN AFLATOXIN, *Nguyễn Thanh Bình, Phạm Hồng Minh, Đỗ Thị Lan, Võ Thị Ngọc Thủy, Trần Cao Sơn, Lê Thị Hồng Hảo Vũ Thị Bích*..... 183

NGHIÊN CỨU SỰ TÁC ĐỘNG CỦA ĐÈN LED LÊN SỰ PHÁT TRIỂN CỦA CÂY CẢI CANH, *Trần Thiên Đức, Lê Thị Hải Thanh, Lê Minh Tân, Trần Thu Thủy, Đỗ Thị Kim Thoa, Trịnh Thị Thanh Nga*..... 189

VẬT LIỆU BIẾN HÓA HẤP THỤ ÁNH SÁNG DỰA TRÊN CẤU TRÚC ĐĨA KIM LOẠI-TINH THỂ QUANG TỬ, *Lê Đắc Tuyên, Phạm Thị Thu Hà, Nguyễn Thị Hiền, Vũ Đình Lãm* ..... 194

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÙ NATRI LÊN TÍNH CHẤT CỦA MÀNG SẮT ĐIỆN KHÔNG CHỨA CHÌ $Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO$, *Ngô Đức Quân, Hoàng Việt Hưng, Phan Sĩ Nguyên, Chu Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Hồng Phượng, Lương Xuân Điển*..... 198

EFFECT OF PARTICLE SIZE ON MAGNETIC PROPERTIES OF $Fe_3O_4$ NANOPARTICLES, *Vuong Thi Kim Oanh, Nguyen Xuan Truong, Do Hai Doan, Nguyen Xuan Ca, Vu Thi Thu, Tran Dai Lam*..... 202

BÀN VỀ CẤU TRÚC VÙNG NĂNG LƯỢNG CỦA Si VÀ Ge VỚI CÁC Ô CƠ SỞ SIÊU MẠNG, *Trần Văn Quảng*..... 206

VỀ GIỚI HẠN TRÊN CỦA HỆ SỐ PHẨM CHẤT NHIỆT ĐIỆN KHÔNG THỨ NGUYÊN CỦA $Bi_2Te$, *Trần Văn Quảng* ..... 211

SYMMETRY OF $Eu^{3+}$ SITE AND ENERGY TRANSFER OF $Ce^{3+}/Eu^{3+}$ IN $Sr_2Al_2SiO_7$ MATERIALS, *Ho Van Tuyen, Do Thanh Tien, Nguyen Manh Son, Le Xuan Hung, Nguyen Thi Thai An*..... 215

STRUCTURAL, OPTICAL AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITIES OF Mn-DOPED ZnO NANOPARTICLES, *Duong Quoc Van, Tran Minh Thi, Nguyen Manh Nghia, Tran Dang Thanh, Pham Thi Thanh*..... 222

MÔ PHỎNG PIN MẶT TRỜI MÀNG MỎNG $Cu(In,Al)S_2$ BẰNG PHẦN MỀM SCAPS-1D, *Nguyễn Thị Thuý, Đào Thị Trúc Quyên, Trần Thanh Thái*..... 226

ENERGY LEVEL LOCATION OF LANTHANIDE IONS IN STRONTIUM BORATE MATERIALS, *Ho Van Tuyen, Vu Xuan Quang, Le Van Khoa Bao, Nguyen Trong Thanh Nguyen Manh Son*..... 230

# VẬT LIỆU BIẾN HÓA HẤP THỤ ÁNH SÁNG DỰA TRÊN CẤU TRÚC ĐĨA KIM LOẠI-TINH THỂ QUANG TỬ

**Lê Đắc Tuyên[1]*, Phạm Thị Thu Hà[2], Nguyễn Thị Hiền[2], Vũ Đình Lãm[3]****

[1]Bộ môn Vật lý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội
[2]Trường Đại học Khoa học, Đại học Thái Nguyên, Tân Thịnh, Thái Nguyên
[3]Học viện Khoa học và Công nghệ, VAST, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội

*Email: *ledactuyen@humg.edu.vn; **lamvd@gust-edu.vast.vn

**Tóm tắt:**

Trong báo cáo này, chúng tôi trình bày một phương pháp đơn giản chế tạo vật liệu biến hóa hấp thụ sóng điện từ hoạt động trong vùng nhìn thấy trên cơ sở cấu trúc đĩa nano kim loại-tinh thể quang tử $SiO_2$ opal. Tinh thể quang tử $SiO_2$ opal được chế tạo bằng phương pháp tự sắp xếp, sau đó sử dụng để chế tạo cấu trúc đĩa vàng sắp xếp tuần hoàn. Ảnh hiển vi điện tử quét cho thấy mẫu chế tạo có độ đồng nhất cao. Phổ phản xạ của cấu trúc đĩa kim loại-tinh thể quang tử thể hiện sự dập tắt cường độ phản xạ tại bước sóng trong vùng cấm quang của tinh thể quang tử. Cơ chế hấp thụ liên quan đến sự kích thích plasmon bề mặt của cấu trúc nano kim loại được thảo luận.

**Từ khóa:** Tinh thể quang tử, vật liệu biến hóa, hấp thụ sóng điện từ.

## GIỚI THIỆU

Hấp thụ ánh sáng (sóng điện từ) là vấn đề rất quan trọng được nghiên cứu và chế tạo các thiết bị quang điện, đầu dò quang, cảm biến hình ảnh, cảm biến sinh học [1-4]. Vật liệu tự nhiên có khả năng hấp thụ yếu hoặc phản xạ mạnh các sóng điện từ [5]. Cơ chế hấp thụ sóng điện từ của vật liệu tự nhiên là do các cộng hưởng điện tử khi có sự phù hợp với các giá trị tương ứng của độ điện thẩm (ε) và độ từ thẩm (μ). Do sự khác nhau giữa độ điện thẩm và độ từ thẩm, nên trở kháng $z = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ giữa vật liệu và môi trường xung quanh (không khí) khác nhau, dẫn đến sự phản xạ mạnh sóng điện từ [5].

Những hạn chế liên quan đến vật liệu tự nhiên có thể được khắc phục bằng cách tạo ra vật liệu có cấu trúc nhân tạo với kích thước lớn hơn một phân tử, nhưng nhỏ hơn nhiều so với bước sóng hoạt động. Để giảm phản xạ và tăng khả năng hấp thụ, bề mặt vật liệu cần có chiết suất trung bình thấp và giảm bằng cách sử dụng ống nano carbon hoặc kim loại xốp [6,7]. Tuy nhiên, các phương pháp này cho phổ hấp thụ dải rộng. Đối với các ứng dụng điều khiển sự phát xạ hay siêu âm hình ảnh thì bề mặt hấp thụ dải hẹp và có thể điều chỉnh được là rất cần thiết.

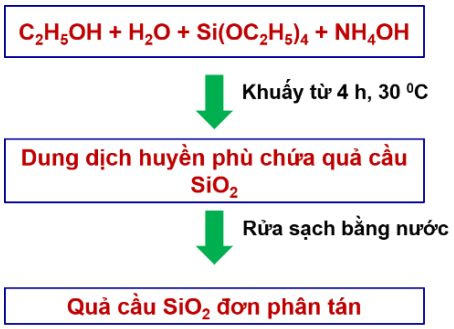
Vật liệu biến hóa hấp thụ sóng điện từ trên cơ sở cấu trúc cộng hưởng kim loại đã được quan tâm nghiên cứu những năm gần đây [8]. Tuy nhiên, mỗi cấu trúc cộng hưởng phải có kích thước nhỏ hơn nhiều so với bước sóng hoạt động và sử dụng kỹ thuật quang khắc top-down, vốn đã giới hạn khả năng chế tạo cấu trúc trong vùng ánh sáng nhìn thấy.

Tinh thể quang tử opal được tạo thành từ các quả cầu $SiO_2$ xếp chặt theo cấu trúc của mạng lập phương tâm mặt (fcc). Với ưu điểm nổi bật về cấu trúc ba chiều và phương pháp chế tạo đơn giản, tinh thể quang tử opal là cấu trúc điển hình được nghiên cứu tính chất và ứng dụng trong quang học [9-12].

Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu phương pháp chế tạo vật liệu biến hóa hấp thụ sóng điện từ hoạt động trong vùng nhìn thấy bằng cách sử dụng kỹ thuật tự sắp xếp từ dưới lên (bottom-up). Các đĩa nano vàng được gắn trên bề mặt từng quả cầu $SiO_2$ của tinh thể quang tử opal. Bước sóng cộng hưởng có thể điều chỉnh thông qua tham số cấu trúc hoặc góc tới của sóng điện từ. Với khả năng điều chỉnh phổ hiệu quả cao và độ chọn lọc phổ tốt, cấu trúc đĩa kim loại-tinh thể quang tử có thể được tích hợp với các công nghệ hiện nay để tăng cường độ nhạy đầu đo quang, thiết bị hình ảnh và quá trình quang xúc tác.

## THỰC NGHIỆM

Nghiên cứu dựa trên phương pháp thực nghiệm chế tạo mẫu và các phép đo phân tích kết quả. Các quả cầu $SiO_2$ được chế tạo theo phương pháp tổng hợp hóa học của Stober [13,14]. Sơ đồ mô tả quá trình chế tạo quả cầu nano $SiO_2$ được tóm tắt theo Hình 1.




**Hình 1. Sơ đồ mô tả quá trình chế tạo quả cầu nano $SiO_2$.**

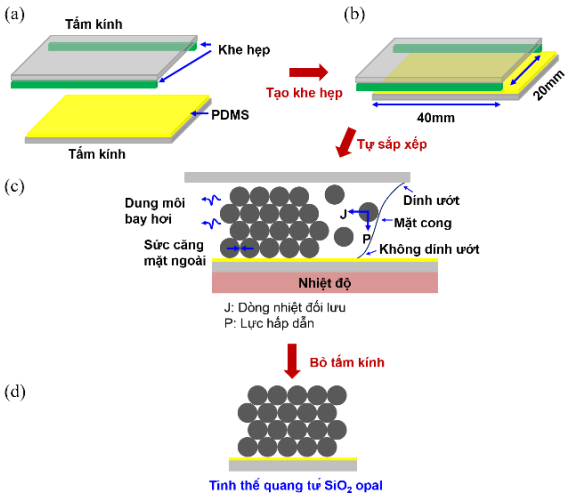
Chất TEOS (tetraethoxysilane - $Si(OC_2H_5)_4$) bị thủy phân và ngưng tụ trong bình kín chứa $NH_4OH$, $H_2O$ và $C_2H_5OH$ theo phương trình phản ứng:

$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4C_2H_5OH$$

$$Si(OH)_4 \rightarrow SiO_2 + 2H_2O$$

Hỗn hợp được khuấy từ và phản ứng trong thời gian 4 giờ tại 30 $^o$C. Sau đó, quả cầu $SiO_2$ được tách ra từ dung dịch huyền phù bằng máy ly tâm và tái phân tán vào $H_2O$ với nồng độ 10% Wt. Kích thước của quả cầu $SiO_2$ có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi lượng hóa chất tham gia phản ứng.

Tinh thể quang tử opal được chế tạo bằng phương pháp tự sắp xếp trong khe hẹp với sự hỗ trợ của nhiệt độ như mô tả trên Hình 2.




**Hình 2. Sơ đồ chế tạo tinh thể quang tử $SiO_2$ opal: (a) và (b) chuẩn bị khe hẹp, (c) quá trình tự sắp xếp có hỗ trợ của nhiệt độ, (d) cấu trúc tinh thể quang tử $SiO_2$ opal.**

Khe hẹp được tạo bởi hai tấm kính (50 x 25 $cm^2$) có thành hai bên là vật liệu SU-8 S2002 như Hình 2(a) và 2(b). Độ dày khe hẹp có thể thay đổi (10 – 40 µm) theo chiều dày của vật liệu SU-8 ở hai bên nhằm điều chỉnh độ dày của tinh thể quang tử. Dung dịch huyền phù $SiO_2$ được cho vào khe hẹp và đặt trên đế gia nhiệt 50 $^o$C như Hình 2(c). Sau khoảng 3 giờ, các quả cầu $SiO_2$ tự sắp xếp theo cấu trúc lập phương tâm mặt trên tấm kính phía dưới. Cấu trúc được ổn định tại nhiệt độ 100 $^o$C trong 30 phút. Cuối cùng bỏ tấm kính phía trên thu được tinh thể quang tử $SiO_2$ opal như Hình 2(d).

Các đĩa vàng được chế tạo bằng phương pháp phún xạ kim loại trên bề mặt tinh thể quang tử, sau đó ủ nhiệt tại 150 $^o$C trong 10 phút.

Hình thái học của mẫu được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử. Tính chất quang được khảo sát thông qua phổ phản xạ đo bằng máy quang phổ QE65-Pro (Ocean Optics) với nguồn ánh sáng trắng DH2000-Ball.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 3(a) là ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) bề mặt (111) của tinh thể quang tử $SiO_2$ opal. Các quả cầu $SiO_2$ xếp chặt với mặt (111) có đối xứng lục giác. Ảnh SEM của cấu trúc đĩa kim loại-tinh thể quang tử được trình bày trên Hình 3(b). Mỗi quả cầu $SiO_2$ có một đĩa kim loại (Au) chiều dày khoảng 5 nm. Các đĩa kim loại có kích thước khá đều được sắp xếp tuần hoàn có đối xứng lục giác theo cấu trúc tinh thể quang tử. Một số hạt kim loại nhỏ ở xung quanh quả cầu $SiO_2$. Kết quả cho thấy vật liệu biến hóa với cấu trúc đĩa nano kim loại đã được chế tạo thành công bằng phương pháp từ dưới lên. Đây là một phương pháp khá đơn giản và phù hợp với điều kiện của phòng thí nghiệm trong nước.

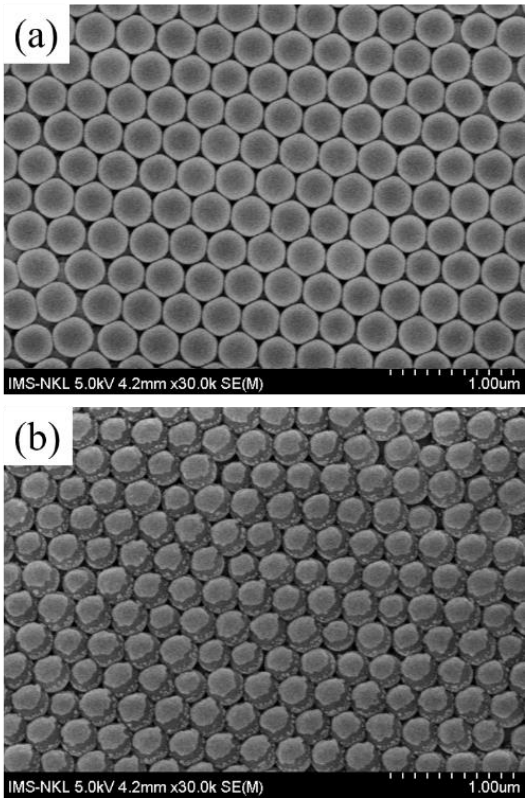
Phổ phản xạ được sử dụng để khảo sát tính chất quang của mẫu tinh thể quang tử opal và vật liệu biến hóa. Hình 4(a) là phổ phản xạ của tinh thể quang tử opal tại hai góc khác nhau. Đỉnh phản xạ là kết quả của nhiễu xạ Bragg tương ứng với vị trí vùng cấm quang. Bước sóng đỉnh phản xạ được tính theo công thức nhiễu xạ Bragg [15]:

$$\lambda_{111} = 2d_{111}\left(n_{eff}^2 - \sin^2\theta\right)^{1/2}$$

trong đó $\lambda_{111}$ là bước sóng phản xạ từ mặt (111); $d_{111}$ (=0,816 D) là khoảng cách giữa hai mặt (111), phụ thuộc vào đường kính D của quả cầu; chiết suất hiệu dụng được xác định $n_{\text{eff}} = fn_{\text{sphere}}$

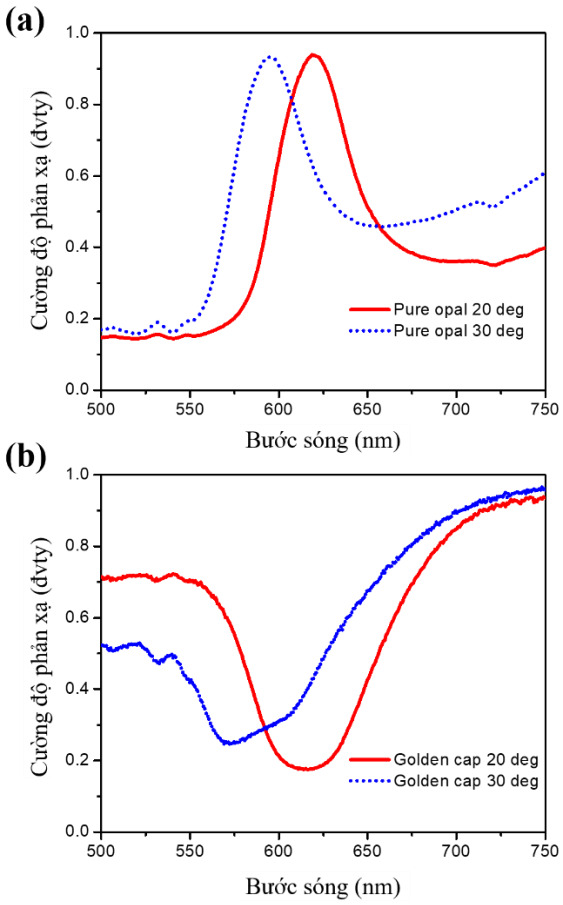
+(1 - *f*)$n_{void}$ = 1,33, với $n_{sphere}$ và $n_{void}$ lần lượt là chiết suất của $SiO_2$ ($n_{sphere}$ = 1,45) và không khí ($n_{void}$ = 1), hệ số lấp đầy của cấu trúc fcc xếp chặt *f* = 0,74; $\theta$ là góc tới của ánh sáng.

Đỉnh phổ phản xạ đo tại góc tới 20° và 30° lần lượt là 619 nm và 594 nm phù hợp tốt với các tính toán theo công thức Bragg với đường kính quả cầu đo trực tiếp bằng ảnh SEM là D = 295 nm. Khi tăng góc tới, đỉnh phổ phản xạ dịch về phía bước sóng ngắn hơn.




**Hình 3. Ảnh SEM bề mặt (a) tinh thể quang tử $SiO_2$ opal và (b) vật liệu biến hóa với cấu trúc đĩa kim loại-tinh thể quang tử**

Phổ phản xạ cấu trúc đĩa tròn kim loại-tinh thể quang tử được trình bày trên hình 4(b). Có sự dập tắt cường độ phản xạ tại vị trí vùng cấm quang. Điều này chứng tỏ cấu trúc đĩa vàng trên bề mặt tinh thể quang tử đã làm thay đổi cường độ phản xạ tại vị trí tương ứng với đỉnh phổ phản xạ của tinh thể quang tử opal. Do phổ truyền qua có cường độ rất nhỏ (~0), nên cấu trúc đĩa tròn kim loại-tinh thể quang tử đã hấp thụ hầu hết ánh sáng chiếu đến. Đây là điều khác biệt và thú vị so với các tính chất của tinh thể quang tử opal. Sự hấp thụ ánh sáng tại vị trí vùng cấm quang của tinh thể quang tử được cho rằng gây ra bởi hiệu ứng plasmon bề mặt của các đĩa tròn vàng trên bề mặt tinh thể quang tử. Tương tự như tinh thể quang tử, với góc tới khác nhau thì cấu trúc đĩa tròn kim loại-tinh thể quang tử cũng thay đổi vị trí hấp thụ tương ứng. Do vậy, chúng ta có thể điều khiển dải hấp thụ của vật liệu biến hóa bằng cách điều chỉnh góc tới của ánh sáng. Hơn nữa, vật liệu biến hóa hấp thụ dải phổ hẹp nên có thể tích hợp cho các thiết bị cần độ chọn lọc cao.




**Hình 4. (a) Phổ phản xạ của tinh thể quang tử opal và (b) cấu trúc đĩa tròn kim loại-tinh thể quang tử tại hai góc tới 20° và 30° với đường kính quả cầu $SiO_2$ = 295 nm.**

## KẾT LUẬN

Chúng tôi đã chế tạo thành công vật liệu biến hóa hấp thụ sóng điện từ trên cơ sở cấu trúc đĩa nano vàng-tinh thể quang tử $SiO_2$ opal bằng phương pháp tự sắp xếp từ dưới lên. Ảnh SEM cho thấy mẫu chế tạo có độ đồng nhất và lặp lại cao. Dải hấp thụ của vật liệu biến hóa trong vùng ánh sáng nhìn thấy và có thể điều chỉnh được thông qua thay đổi góc chiếu sáng. Cấu trúc này rất hiệu quả cho các ứng dụng tăng cường hấp thụ với độ chọn lọc cao.

**Lời cảm ơn**

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 103.02-2017.67.

**Tài liệu tham khảo**

1. H. A. Atwater, A. Polman, Nat. Mater. 9, 205 (2010).

2. W. Li, J. Valentine, Nano Lett. 14, 3510 (2014). 3. B. Zhang, J. Hendrickson, J. Guo, J. Opt. Soc. Am. B 30, 656 (2013).

4. N. Liu, M. Mesch, T. Weiss, M. Hentschel, H. Giessen, Nano Lett. 10, 2342 (2010).

5. J. J. Talghader, A. S. Gawarikar, R. P. Shea, Light Sci. Appl. 1, e24 (2012).

6. Z. P. Yang, L. Ci, J. A. Bur, S. Y. Lin, P. M. Ajayan, Nano Lett. 8, 446 (2008).

7. A. Y. Vorobyev, C. Guo, Phys. Rev. B 72, 195422 (2005).

8. C. M. Watts, X. Liu, and W. J. Padilla, Adv. Mater. 24, Op98 (2012).

9. M. Karg, et al., Mater. Today, 18, 185 (2015).

10. W. M. Jones, et al. Adv. Funct. Mater. 1808571 (2019).

11. W. Li, Y. Wang, M. Li, L. P. Garbarini, and F. G. Omenetto, Adv. Mater. 1901036 (2019).

12. L. D. Tuyen, et al. Opt. Express, 20, 15418 (2012).

13. W. Stöber, A. Fink, and E. Bohn, J. Colloid Interface Sci. 26, 62 (1968).

14. L. D. Tuyen, C. Y. Wu, T. K. Anh, L. Q. Minh, H. C. Kan, C. C. Hsu, J. Exp. Nanosci. 7, 198 (2012).

15. S. G. Romanov, T. Maka, C. M. Sotomayor Torres, M. Müller, R. Zentel, D. Cassagne, J. Manzanares-Martinez, and C. Jouanin, Phys. Rev. E 63, 056603 (2001).