

MỤC LỤC

Phương pháp khảo sát hiệu suất lượng tử của vật liệu quang điện tử <i>Nguyễn Xuân Chung</i>	1387
Xây dựng công thức bào chế cao lỏng Desugan từ một số dược liệu dùng hỗ trợ bệnh đái tháo đường type 2 <i>Nguyễn Phương Dung, Trần Văn Thanh, Nguyễn Viết Hùng, Nguyễn Mạnh Hà, Lê Thị Phương Thảo</i>	1393
Nghiên cứu quy trình chiết xuất Scopolamin trong cây Cà Độc Dược chữa bệnh động Parkinson <i>Nguyễn Thu Hà, Vũ Thị Minh Hồng, Lê Thị Vinh</i>	1399
Nghiên cứu nguyên lý và ứng dụng của phương pháp chiết xuất siêu tới hạn với lưu chất CO ₂ <i>Võ Thị Hạnh, Vũ Thị Minh Hồng, Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Mạnh Hà</i>	1405
Thực trạng ô nhiễm thuốc kháng sinh tác động đến con người và môi trường sống <i>Võ Thị Hạnh, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa, Lê Thị Vinh</i>	1411
Than từ các phụ phẩm nông nghiệp hấp phụ kháng sinh Ciprofloxacin <i>Đỗ Thị Hải, Nguyễn Thị Kim Thoa, Nguyễn Hồng Nam</i>	1415
Thăng giáng exciton ngoài trạng thái ngưng tụ trong hệ bán kim loại, bán dẫn ảnh hưởng bởi mật cân bằng khối lượng <i>Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Thị Diệu Thu, Nguyễn Thị Hậu</i>	1421
Ảnh hưởng của tương tác điện tử - photon lên trạng thái ngưng tụ exciton-polariton trong vi hốc bán dẫn <i>Nguyễn Thị Hậu, Đỗ Thị Hồng Hải, Phan Văn Nhâm</i>	1428
Đánh giá khả năng thủy phân tinh bột trong môi trường axit kết hợp vi sóng <i>Lưu Huy Hiếu, Nguyễn Quang Hải, Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Thị Thương, Nguyễn Thị Phương Thảo, Nguyễn Lâm Quỳnh, Đặng Văn Danh Thái, Lê Thị Phương Thảo</i>	1434
Hoạt tính sinh học và dược lý của axit anacardic chiết xuất từ vỏ hạt điều <i>Vũ Thị Minh Hồng, Lê Thị Vinh</i>	1439
Tìm hiểu về tác dụng giảm đau, chống viêm của dịch cây điều Anacardium occidentale <i>Vũ Thị Minh Hồng, Nguyễn Thu Hà</i>	1445
Hạt nano vàng: nghiên cứu chế tạo và tính chất <i>Nguyễn Mạnh Hùng, Đào Việt Thắng</i>	1451
Tổng hợp và đánh giá đặc tính giống thuốc của một số dẫn chất mang khung 2-(5-(pyridin-2-yl)-1H-tetrazol-1-yl)acetamid <i>Nguyễn Viết Hùng, Trần Phương Thảo, Hoàng Văn Hải, Trần Đình Hoàng, Nguyễn Phương Dung, Nguyễn Thị Kim Thoa, Công Tiến Dũng, Hà Mạnh Hùng, Nguyễn Thị Thu Hiền</i>	1456
Khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa Er ³⁺ và Tm ³⁺ <i>Hà Thị Phương, Lê Thị Vinh, Phan Diệu Hằng, Nguyễn Thu Thủy, Đào Thị Ngoãn, Từ Anh Phong, Nguyễn Thị Nguyệt, Hoàng Xuân Cường, Nguyễn Thị Lệ, Hoàng Thị Thu Trang, Chu Nông Quân Huân, Trần Thu Hương</i>	1463

Ảnh hưởng của hạt nano TiO_2 tới quá trình kết tủa điện hoá của niken <i>Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Mạnh Hà</i>	1468
Nghiên cứu khả năng hấp phụ của khoáng sét haloysit đối với Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} <i>Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Viết Hùng, Hà Mạnh Hùng, Công Tiên Dũng, , Bùi Hoàng Bắc, Lê Thị Thu, Nguyễn Thị Lan Anh, Lê Thị Duyên</i>	1473
Ảnh hưởng của Sr lên cấu trúc tinh thể và tính chất vật lí của vật liệu $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ ($x = 0 \div 0,4$) <i>Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng</i>	1480
Chiết xuất và đánh giá hoạt tính sinh học của polyphenol trong thực vật <i>Nguyễn Thị Kim Thoa, Nguyễn Mạnh Hà, Nguyễn Văn Thắng, Trần Đức Trung, Lê Thị Phương Thảo</i>	1486
Các hợp chất triterpenoid phân lập từ lá loài xoan đào Melia Toosenden <i>Nguyễn Thị Kim Thoa, Nguyễn Thị Thu Hiền</i>	1492
Các hợp chất serquiterpenoid được phân lập từ hoa cúc trắng Chrysanthemum sinense <i>Vũ Kim Thư</i>	1496
Xây dựng thí nghiệm ảo: “Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng” bằng ngôn ngữ lập trình Python <i>Tổng Bá Tuấn, Lê Đức Tuyên, Bùi Hữu Nguyên, Hồ Quỳnh Anh, Đào Việt Thắng</i>	1500
Tổng hợp và đánh giá đặc trưng vật liệu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ <i>Lê Thị Vinh, Hà Thị Phương, Trần Thu Hương</i>	1507

Tổng hợp và đánh giá đặc trưng vật liệu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$

Lê Thị Vinh¹, Hà Thị Phụng², Trần Thu Hương^{3,*}

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Bộ môn Hóa học, Trường Đại học Y Hà Nội

³Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả nghiên cứu về tổng hợp và khảo sát tính chất quang của vật liệu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$. Sau khi được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt, vật liệu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ (dạng hạt, đường kính 100 ÷ 200 nm, cấu trúc tinh thể hexagonal) được tiếp tục bọc bằng lớp SiO_2 rồi tiến hành khảo sát tính chất quang. Kết quả thu được cho thấy, vật liệu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ phát huỳnh quang trong vùng màu ánh sáng đỏ ứng với các chuyển dời ${}^2\text{H}_{11/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ (520 nm), ${}^4\text{S}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ (550 nm) và ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ (650 nm) của ion Er^{3+} . Vật liệu này rất có triển vọng để nhận dạng tế bào, đặc biệt là một số loại tế bào ung thư.

Từ khóa: Phương pháp thủy nhiệt; phát quang chuyển đổi ngược; $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$

1. Đặt vấn đề

Các vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược có ưu thế so với vật liệu phát quang thông thường: sử dụng nguồn kích thích hồng ngoại thân thiện với cơ thể người, không gây biến đổi tế bào, có thể xuyên được vài milimet vào mô người nên sẽ tác dụng sâu hơn vào vùng tổn thương. Trong số các loại vật liệu phát quang chuyển đổi ngược, vật liệu nền NaYF_4 pha tạp ion đất hiếm Er^{3+} , Yb^{3+} , Tm^{3+} , Ho^{3+} sẽ tạo hiệu ứng phát quang chuyển đổi ngược với hiệu suất phát quang cao, bền trong các điều kiện khác nhau (N. Niu và nnk, 2012; J.H. Lin và nnk; S. Abbasi-Moayed và nnk, 2020).

Việc sử dụng các vật liệu này trong sinh - y học đã đạt những thành công nhất định cả về chẩn đoán và điều trị *in vitro* và *in vivo* với một số thành tựu nổi bật như: Chụp hình ảnh tế bào ung thư, phát hiện virus, nhận dạng tế bào, ... (P.P. Nampi và nnk, 2022; M.Huang và nnk, 2017; W. Li và nnk, 2022; V.T. Vera và nnk, 2021; M. Lin và nnk, 2012; G. Chen và nnk, 2014). Trong nước, một số nhóm các nhà khoa học đã nghiên cứu hệ vật liệu phát quang chuyển đổi ngược chứa nguyên tố đất hiếm ở các hình thái học khác nhau và bước đầu đã thu được một số kết quả khả quan (Hà Thị Phụng và nnk, 2019). Để tiếp tục phát triển theo hướng nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành tổng hợp vật liệu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ với lớp bọc SiO_2 với mục đích tăng cường khả năng phát quang của vật liệu nhằm ứng dụng trong nhận dạng một số tế bào ung thư.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và phương pháp chuẩn bị mẫu

Hóa chất: Các muối đất hiếm $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ đều có độ sạch 99,9% của hãng Sigma; Tetraethyl orthosilicate (99%, Merck); acetic acid (99%, Merck); NaF (99,5%, Merck); NaOH (99%, Merck); $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (99,9%, Sigma); $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ (99,9%, Merck); nước khử ion.

Các phép đo mẫu

Kích thước, hình thái học của vật liệu được quan sát trên kính hiển vi điện tử (FESEM, Hitachi - field emission scanning electron microscopy). Cấu trúc của vật liệu được xác định trên hệ đo nhiễu xạ tia X (Siemens D5000 với $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ trong khoảng $10^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$). Phổ hồng ngoại được khảo sát trên máy đo phổ hồng ngoại FTIR - IMPACT 410-Nicolet. Phổ huỳnh quang của vật liệu được đo trên hệ đo phổ kế phân giải cao, Model: Microspec-2356 (Mỹ), với bước sóng laser kích thích tại 980 nm.

2.2. Quá trình tổng hợp vật liệu

2.2.1. Tổng hợp vật liệu

* Tác giả liên hệ:

Email: huongtt.ims@gmail.com

Vật liệu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ được tổng hợp bằng cách:

Cho từ từ lần lượt các dung dịch NaOH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$, NaF vào bình phản ứng rồi khuấy từ 30 phút thu được dung dịch A. Sau đó, cho Ethylene glycol, đất hiếm $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3$; $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$ vào dung dịch A.

Hỗn hợp dung dịch được khuấy từ 120 phút và đặt nhiệt độ 100°C , thu được dung dịch B. Dung dịch B đem thủy nhiệt 200°C trong 6 giờ. Sau đó đem dung dịch đã thủy nhiệt ly tâm $5000\text{v}/5$ phút, lọc rửa 3 lần bằng $\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH}$ (1:1), sấy ở 70°C trong 24 giờ, thu được chất bột $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$.

2.2.2. Bọc lớp SiO_2 trên vật liệu chuyển đổi ngược $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$

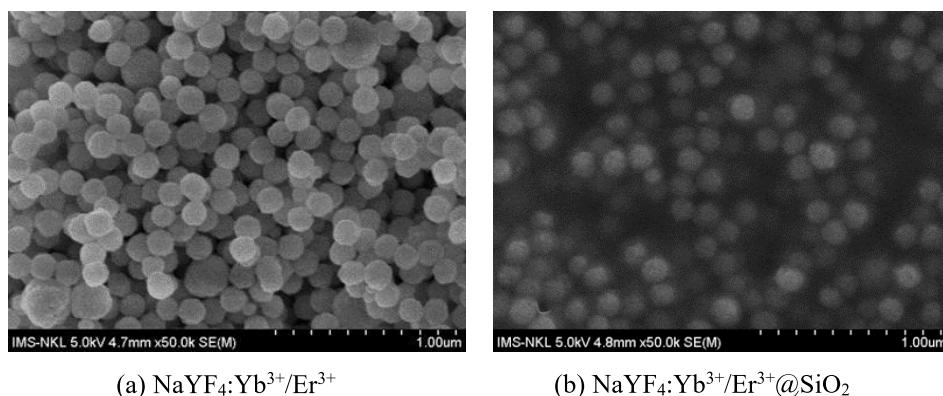
Cho một lượng Tetraethyl orthosilicate, Ethanol vào bình, khuấy từ trong 10 phút. Cho tiếp H_2O và acetic acid vào dung dịch trên và khuấy trong vòng 1 giờ được dung dịch C.

Tiếp theo cho vật liệu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ đã tổng hợp được ở trên cùng với Ethanol và nhỏ từ từ vào dung dịch C, tiếp tục khuấy từ trong 24 giờ. Dung dịch thu được đem đi ly tâm, rửa, lọc 3 lần bằng $\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH}$ = 1/1. Vật liệu thu được là $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hình thái học của vật liệu

Hình thái học của các mẫu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ và $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$, được thể hiện trên Hình 1, cho thấy, các hạt đồng đều, có khả năng phân tán tốt trong môi trường nước. Các hạt của mẫu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ (hình 1a) có đường kính khoảng $100 \div 200$ nm. Kính thước hạt của mẫu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ (hình 1b) tăng nhẹ (khoảng $5 \div 20$ nm) so với mẫu (a). Kết quả này có thể là do đã tạo được lớp vỏ silica lên vật liệu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$.

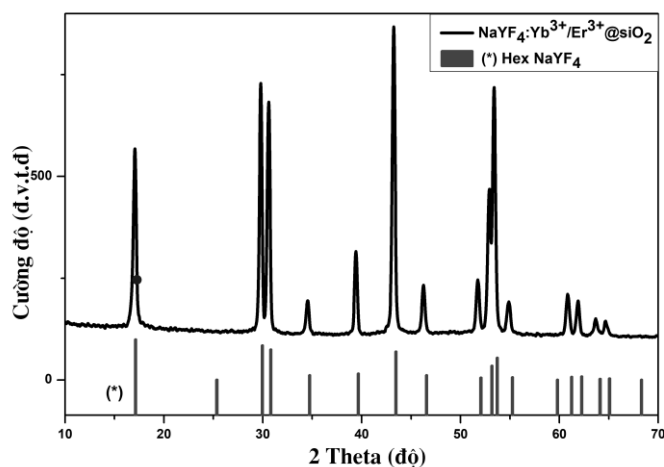


(a) $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$

(b) $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$

Hình 1. Ảnh FESEM của (a) $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$, (b) $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ.

3.2. Cấu trúc của vật liệu

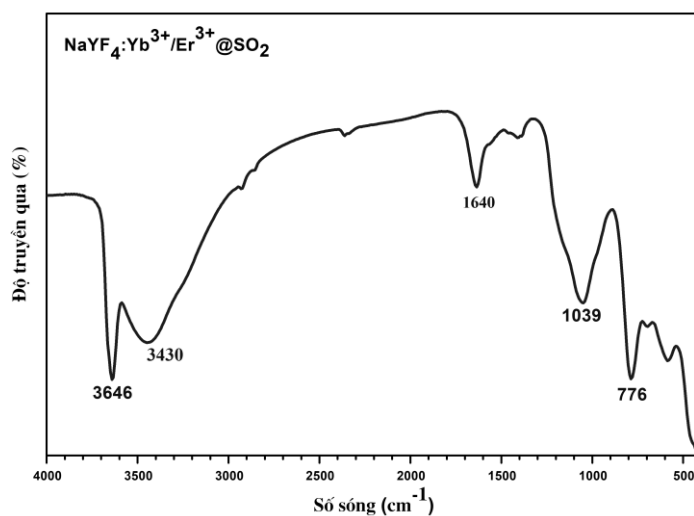


Hình 2. Biểu đồ nhiễu xạ tia X mẫu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ

Hình 2 là giản đồ nhiễu xạ tia X của $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ. Kết quả cho thấy mẫu xuất hiện các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng ở các góc 2θ : $17,0^\circ$; $29,9^\circ$; $30,8^\circ$; $34,7^\circ$; 39° ; $43,5^\circ$; $46,5^\circ$; $53,2^\circ$; $55,3^\circ$; $62,3^\circ$ tương ứng trùng với vị trí các đỉnh nhiễu xạ của thẻ chuẩn JCPDS số 28-1192 của pha tinh thể β - NaYF_4 (hexagonal) của thư viện ICDD và không quan sát thấy các đỉnh lạ của các tạp chất khác trên giản đồ XRD của mẫu. Do đó, vật liệu $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ kết tinh, tinh thể có cấu trúc đơn pha β - NaYF_4 (hexagonal).

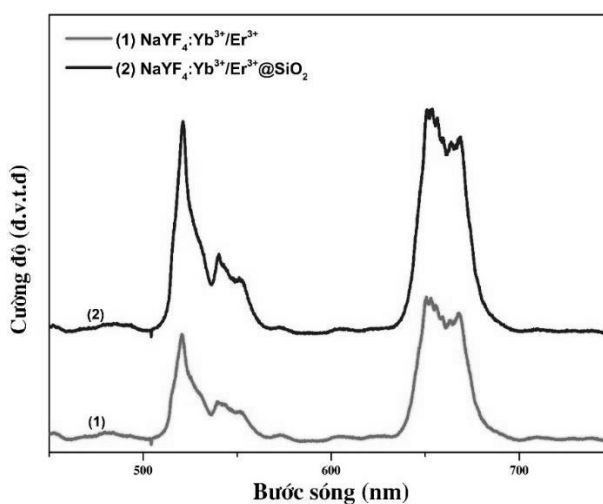
3.3. Phổ hồng ngoại

Việc kiểm tra xem vật liệu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ được bọc SiO_2 thành công hay không được xác định bằng phổ hồng ngoại biến đổi Fourier, trên đường phổ của vật liệu (Hình 3) có các pic đỉnh lần lượt tại các số sóng 3646 , 1640 , 1039 và 776 cm^{-1} tương ứng với dao động - C = C -, dao động đối xứng của - CH_3 -, - Si - O - Si - và dao động uốn của - C - OH. Các dao động trên tương ứng với các liên kết - C = C -, CH_3 -, Si - O - Si -, - C - OH của mẫu. Điều này chứng tỏ mẫu vật liệu đã được bọc thành công lớp vỏ SiO_2 . Các dao động trong khoảng $< 700\text{ cm}^{-1}$ tương ứng với các liên kết của các đất hiếm Yterbi (Yb), Erbi (Er), Yttri (Y) của mẫu nano.



Hình 3. Phổ hồng ngoại mẫu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ

3.4. Tính chất phát quang của vật liệu



Hình 4. Phổ huỳnh quang của các mẫu nano $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ (1); $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ (2) ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ.

Kết hợp các nghiên cứu về hình thái học, cấu trúc, chúng tôi tiến hành khảo sát tính chất phát quang của các vật liệu đã được tổng hợp thông qua phổ huỳnh quang. Tại bước sóng kích thích $\lambda_{ex} = 980 \text{ nm}$, cả 2 mẫu $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ và $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ ủ nhiệt ở 200°C trong 6 giờ đều phát quang tốt, tại các đỉnh phát xạ từ 510 - 570 nm và từ 630 - 700 nm, ứng với các chuyển dời $^2\text{H}_{11/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ (520 nm), $\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ (550 nm) và $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ (650 nm) của ion Er^{3+} . Như vậy, các mẫu vật liệu tổng hợp đều phát xạ ở vùng ánh sáng màu đỏ tại các bước sóng của ion Er^{3+} . Hơn nữa, cường độ phát quang của vật liệu được bọc lớp SiO_2 cao hơn mẫu không bọc 35% (Tran Thu Huong và nnk, 2009)

4. Kết luận

Đã tổng hợp thành công vật liệu phát quang chuyển đổi ngược $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ phát quang trong vùng đỏ, vật liệu có dạng hạt, đường kính từ 100 nm đến 200 nm, cấu trúc pha hexagonal $\beta\text{-NaYF}_4$.

Đã bọc thành công vật liệu trên bằng lớp SiO_2 tạo tổ hợp nano y sinh $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}@\text{SiO}_2$ với cường độ phát quang được tăng cường. Do đó, vật liệu có triển vọng ứng dụng phát hiện và nhận dạng một số tế bào ung thư.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài mã số VAST 03.03/23-24 thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- A.B. Chinen, C.M. Guan, J.R. Ferrer, S.N. Barnaby, T.J. Merkel, and C.A. Mirkin, 2015. Nanoparticle Probes for the Detection of Cancer Biomarkers, Cells, and Tissues by Fluorescence. *Chem Rev*, 115(19), 10530-10574.
- G. Chen, H. Qiu, P.N. Prasad, and X. Chen, 2014. Upconversion nanoparticles: Design, nano chemistry and applications in theranostics, *Chem. Rev*, 114, 5161-5214.
- Ha Thi Phuong, Tran Thu Huong, Hoang Thi Khuyen, Le Thi Vinh, Do Thi Thao, Nguyen Thanh Huong, Pham Thi Lien and Le Quoc Minh, 2019. Synthesis and structural characterization of $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}@\text{silica-N}=\text{Folic acid}$ nanophosphors for bioimaging. *Journal of Rare earth*, 37(11), pp.1183-1187.
- J. H. Lin, H. Y. Liou, C. D. Wang, C. Y. Tseng, C. T. Lee, C. C. Ting, H. C. Kan and C. C. Hsu, 2015. Giant Enhancement of Upconversion Fluorescence of $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Tm}^{3+}$ Nanocrystals with Resonant Waveguide Grating Substrate. *ACS Photonics*, 2(4), 530-536.
- J. Wang, J. Hao and P. A. Tanner, 2011. Upconversion luminescence of an insulator involving a band to band multiphoton excitation process. *OPTICS EXPRESS*, Vol. 19, No. 12, pp.11753-11758.
- M. Huang, L. Wang, X. Zhang, J. Zhou, and L. Liu, 2017. Synthesis and Characterization of Folic Acid Labeled Upconversion Fluorescent Nanoprobes for in vitro Cancer Cells Targeted Imaging. *Brief reports*, 15(5), pp. 1-9.
- M. Lin, Y. Zhao, S. Wang, M. Liu, Z. Duan, Y. Chen, F. Li, F. Xu and T. Lu, 2012. Recent advances in synthesis and surface modification of lanthanide doped upconversion nanoparticles for biomedical applications. *Biotechnol. Adv*, 30, 1551-1561.
- N. Niu, F. He, S. Gai, C. Li, X. Zhang, S. Huang and P. Yang, 2012. Rapid microwave reflux process for the synthesis of pure hexagonal $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Ln}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$ ($\text{Ln}^{3+} = 1/4 \text{ Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+}, \text{Ho}^{3+}$) and its enhanced UC luminescence. *J. Mater. Chem*, 22, 21613-21623.
- P. Du, L. Luo and J. S. Yu, 2016. Facile synthesis of $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ codoped NaYF_4 nanoparticles: a promising multifunctional upconverting luminescent material for versatile applications. *RSC Adv*, 6, 94, pp. 94539 -94546.
- P. P. Nampi, A. Vakurov, S. Saha, G. Jose, P. A. Millner, 2022. Surface modified hexagonal upconversion nanoparticles for the development of competitive assay for biodetection. *Biomaterials Advances*, 136, 212763, pp. 1-8.
- S. Abbasi-Moayed, A. Bigdeli and M.R. Hormozi-Nezhad, 2020. Application of $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}/\text{Tm}$ UCNPs in Array-Based Sensing of Neurotransmitters: From a Single Particle to a Multichannel Sensor Array. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 12, 47, pp.52976–52982.
- Tran Thu Huong, Tran Kim Anh và Le Quoc Minh, 2009. Liên hợp hóa sinh vật liệu nano phát quang $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ nhằm ứng dụng đánh dấu huỳnh quang y sinh. *Hội nghị Vật lý chất rắn và Khoa học vật liệu toàn quốc lần thứ 6 (SPMS-2009)*, No 32, pp. 887- 891.
- V.T. Vera, D.M. Golzalez, D. J. R. Ramos, A. Igalla, M. Laurenti R.C. Caceres, E. L. Cabarcos, E. Díaz, J. R. Retama, S. Melle and O. G. Calderón, 2021. The effects of dopant concentration and excitation intensity on the upconversion and downconversion emission processes of $\beta\text{-NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ nanoparticles. *J. Mater. Chem*, 9, pp. 8902-8911.

W. Zheng, P. Huang, D. Tu, E. Ma, H. Zhuab, and X. Chen, 2015. Lanthanide-doped upconversion nano bioprobes: electronic structures, optical properties and biodetection. *Chem. Soc. Rev*, 44, pp. 1379-1415.

W. Li, L. Hu, W. Chen, S. Sun, M. Guzik, G. Boulon, 2022. Enhanced red up-conversion of β -NaYF₄:Er³⁺/Tm³⁺ microcrystals for bio-imaging applications. *Journal of Alloys and Compounds*, 926, 166743.

ABSTRACT

Synthesis and Characterization of NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺@SiO₂ nanomaterials

Le Thi Vinh¹ Ha Thi Phuong² Tran Thu Huong^{3,*}

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Department of Chemistry, Hanoi Medical University

³ Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

In this paper, we report several findings on the synthesis of the luminescent nanomaterial NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺@SiO₂. The NaYF₄: Yb³⁺/Er³⁺ nanomaterials in the form of particles with diameters ranging from 100 to 200 nm, were synthesized using the hydrothermal method. These materials were then coated with a SiO₂ layer and possess a hexagonal crystal structure (β). An investigation of the optical properties of NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺@SiO₂ shows that the material emits fluorescence in the red region, corresponding to the transitions $^2H_{11/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ (520 nm), $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ (550 nm) and $^4F_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ (650 nm) of Er³⁺ ion. These results hold potential for identifying cancer cells and applications in biomedical fluorescence labeling.

Keywords: Hydrothermal method; upconversion luminescence; NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺