

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 <i>Anacardium occidentale</i> <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 Phụng, Trần Thu Hương</i>	1507

Khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa Er^{3+} và Tm^{3+}

Hà Thị Phượng¹, Lê Thị Vinh², Phan Diệu Hằng¹, Nguyễn Thu Thủy¹, Đào Thị Ngoãn¹, Từ Anh Phong¹,
Nguyễn Thị Nguyệt¹, Hoàng Xuân Cường¹, Nguyễn Thị Lệ³, Hoàng Thị Thu Trang³,
Chu Nông Quân Huân³, Trần Thu Hương^{4,*}

¹Trường Đại học Y Hà Nội

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất

³Trường THPT Nà Bao

⁴Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

TÓM TẮT

Vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt. Cấu trúc, hình thái học và tính chất quang của vật liệu được quan sát trên thiết bị phân tích nhiễu xạ tia X, phổ hồng ngoại, kính hiển vi điện tử phát trường và phổ huỳnh quang. Vật liệu có dạng hạt cầu với đường kính khoảng $100 \div 300$ nm, phát quang mạnh trong vùng đỏ. Các kết quả khảo sát cho thấy, vật liệu nano $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ có triển vọng làm tác nhân phát hiện tế bào ung thư ứng dụng trong y sinh.

Từ khóa: $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$; vật liệu nano; phương pháp thủy nhiệt; phát quang

1. Đặt vấn đề

Các nhà khoa học trên thế giới đã và đang quan tâm nghiên cứu các vật liệu nano phát quang chứa đất hiếm do những tính chất quang vật lý hấp dẫn của chúng (Y. Li và nnk, 2022; T. Grzyb và nnk, 2021; H. Chen và nnk, 2022; S. Balabhadra và nnk, 2020). Ưu điểm của các hợp chất phát quang chứa đất hiếm là: Thời gian sống huỳnh quang dài, thân thiện với môi trường và con người nên chúng là vật liệu cơ sở và rất hữu ích cho việc chế tạo các công cụ đánh dấu huỳnh quang (phát hiện và nhận dạng tế bào ung thư), làm cảm biến cho việc xét nghiệm và chẩn đoán ảnh huỳnh quang (E. Hong và nnk, 2019; J. Grube và nnk, 2023; J. Grube và nnk, 2022; J. Chen và nnk, 2012). Hơn nữa, các vật liệu phát quang chứa đất hiếm kích thước nano có độ ổn định cao, dễ chế tạo, dễ chức năng hóa bề mặt. Đặc biệt, vật liệu có hiệu ứng chuyển ngược được ứng dụng trong phát hiện, nhận dạng tế bào đang là vấn đề nóng được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm (D. Vennerberg và nnk, 2001; S. Cui và nnk, 2022; ; Y. Ma, 2015). Một trong những ứng dụng chính của loại vật liệu này là làm công cụ phát hiện tế bào, xác định sớm bệnh ung thư. Vật liệu được lựa chọn là vật liệu chứa ion đất hiếm (Er^{3+} , Tm^{3+})/ Yb^{3+} có hiệu ứng chuyển đổi ngược cao, có khả năng ứng dụng hiệu quả trong y sinh.

Ở Việt Nam, một số nhóm các nhà khoa học cũng đã tập trung nghiên cứu hệ vật liệu phát quang chuyển đổi ngược NaYF_4 chứa $\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ và đã đạt được những kết quả ban đầu (T.T. Hương và nnk, 2021; L.Q. Minh, 2012; T.T. Hương, 2020). Tuy nhiên, hệ vật liệu có mặt đồng thời cả hai ion kích hoạt (Er^{3+} và Tm^{3+})/ Yb^{3+} còn chưa được đề cập nhiều. Theo bài báo này, chúng tôi tiến hành tổng hợp và khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa đồng thời Er^{3+} và Tm^{3+} trên nền NaYF_4 nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của vật liệu để phát hiện, đánh dấu một vài loại tế bào ung thư *in vitro*.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và phương pháp chuẩn bị mẫu

Hóa chất: Các hóa chất dùng để chế tạo vật liệu $\text{NaYF}_4: (\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})/\text{Yb}^{3+}$ gồm: $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Sigma, 99,9%); $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sigma, 99,9%); $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sigma, 99,9%); $\text{Tm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sigma, 99,9%); NaF (Merck, 99%); NaOH (Merck, 99%); $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (Sigma, 99,9%); $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ (Merck, 99,9%); nước khử ion.

* Tác giả liên hệ

Email: lethivinh@humg.edu.vn

Các phép đo mẫu

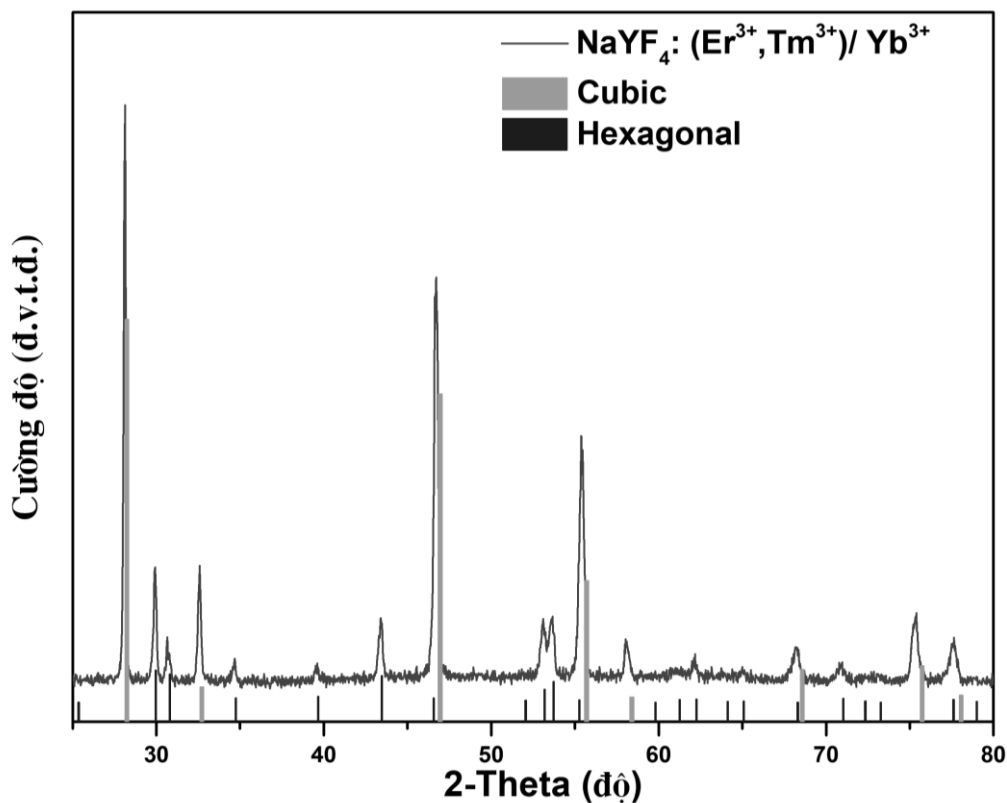
Kích thước, hình thái học của vật liệu được quan sát trên kính hiển vi điện tử (FESEM, Hitachi - field emission scanning electron microscopy). Cấu trúc của vật liệu được xác định bằng phương pháp đo nhiễu xạ tia X trên hệ nhiễu xạ kế D5000 Siemens với $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$. Phổ hồng ngoại được 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 thực nghiệm

Vật liệu nano $\text{NaYF}_4: (\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})/\text{Yb}^{3+}$ được tổng hợp theo phương pháp thủy nhiệt. Quy trình tổng hợp vật liệu được mô tả như sau: Cho vào bình phản ứng các dung dịch: NaOH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Tm}(\text{NO}_3)_3$ và nước. Khuấy đều hỗn hợp dung dịch này trong 15 phút rồi nhỏ từ từ dung dịch NaF vào và khuấy tiếp trong 6 giờ ở 150°C . Hỗn hợp thu được chuyển vào bình teflon đựng trong Autoclave và tiến hành ủ nhiệt ở 200°C trong 8 giờ. Sản phẩm thu được được ly tâm, rửa sạch bằng nước khử ion rồi đem sấy ở 60°C trong 24 giờ.

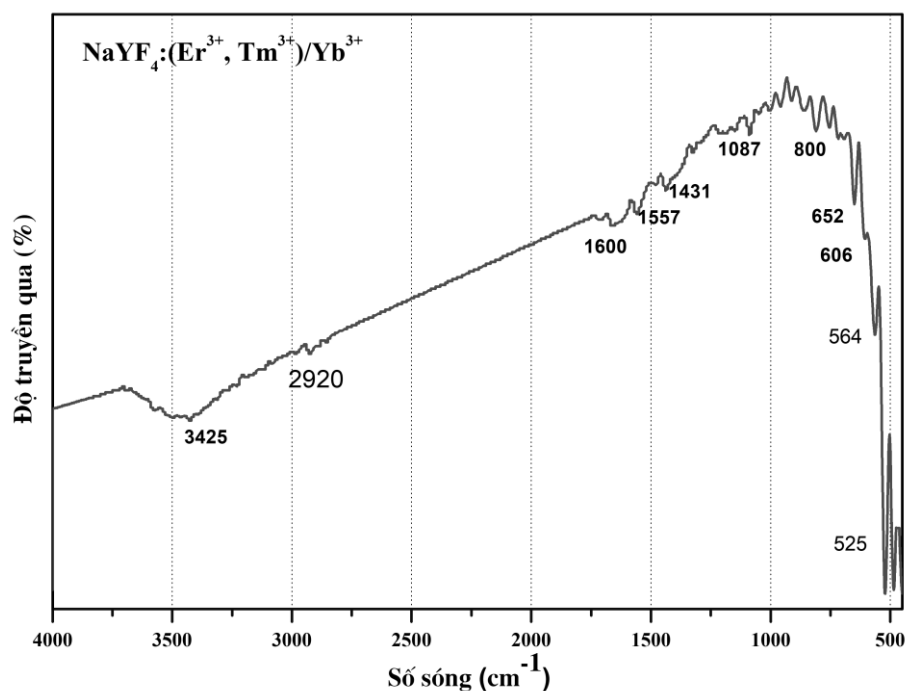
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Cấu trúc tinh thể và hình thái học



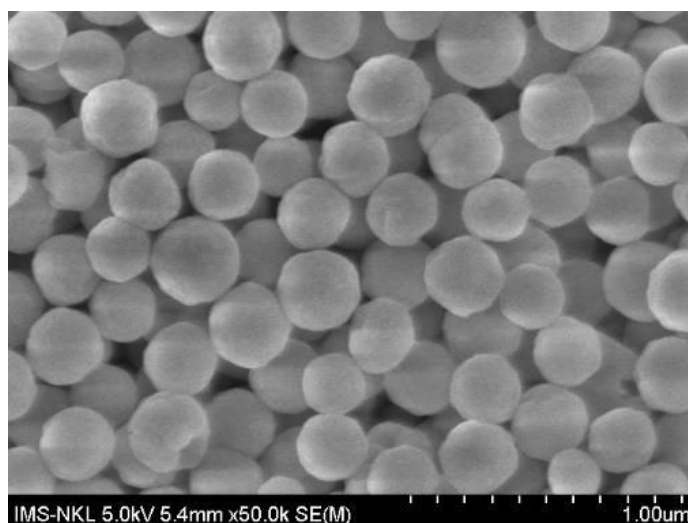
Hình 1. Giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ ủ nhiệt ở 200°C trong 8 giờ

Để xác định cấu trúc của vật liệu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ tổng hợp được, chúng tôi đã tiến hành phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X thông qua phương pháp đo nhiễu xạ tia X (Hình 1). Từ giản đồ nhiễu xạ tia X cho thấy vị trí của các vạch nhiễu xạ chính có cấu trúc pha cubic α - NaYF_4 (phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS số 77-2042) và một số vạch có cấu trúc pha hexagonal β - NaYF_4 (phù hợp với các kết quả trên thẻ chuẩn JCPDS số 28-1192). Theo thẻ chuẩn cho thấy, mẫu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ là hỗn hợp của pha cubic α - NaYF_4 và pha hexagonal β - NaYF_4 . Ngoài ra, nhận thấy các đỉnh nhiễu xạ sắc nét và cao trong giản đồ XRD có thể suy luận rằng các mẫu được kết tinh tốt.



Hình 2. Phổ hồng ngoại của mẫu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ ủ nhiệt ở 200°C trong 8 giờ

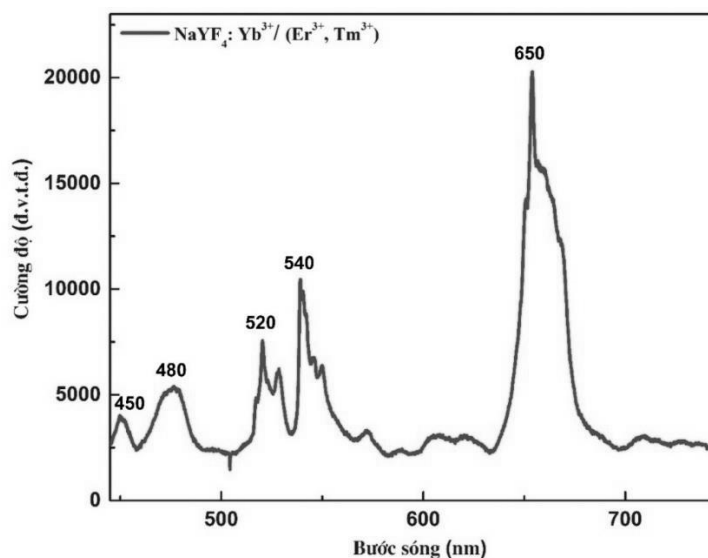
Phổ hồng ngoại của vật liệu phát quang chuyển ngược $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ được trình bày trên Hình 2. Kết quả phân tích phổ hồng ngoại thu được cho thấy, trên mẫu vật liệu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ xuất hiện đỉnh hấp thụ tại 3490 cm^{-1} (đặc trưng cho dao động hoá trị liên kết O-H của hơi nước hấp thụ) và đỉnh hấp thụ tại 2920 cm^{-1} (đặc trưng cho dao động hoá trị liên kết -C-H). Các đỉnh hấp thụ nằm trong khoảng $1100\text{ cm}^{-1} - 1600\text{ cm}^{-1}$ là dao động biến dạng của liên kết -C-H, -C=O. Mặt khác, các nguyên tử đất hiếm Er, Tm, Yb liên kết với vật liệu nền NaYF_4 thể hiện qua các dao động ở các tần số thấp tương ứng với các số sóng trong khoảng $400\text{ cm}^{-1} - 800\text{ cm}^{-1}$.



Hình 3. Ảnh FESEM của mẫu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ ủ nhiệt ở 200°C trong 8 giờ

Hình thái học của các mẫu được trình bày trên Hình 3. Qua ảnh FESEM cho thấy, vật liệu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ tổng hợp được có dạng hạt cầu với đường kính khoảng $100\text{ nm} \div 300\text{ nm}$. Các hạt khá đồng đều và không bị kết dính.

3.2. Tính chất phát quang



Hình 4. Phổ huỳnh quang của mẫu $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ ủ nhiệt ở 200°C trong 8 giờ.

Điều kiện để vật liệu ứng dụng được trong y sinh là chúng phải có cấu trúc ổn định, kích thước nano và phát quang tốt. Kết hợp các nghiên cứu về cấu trúc, hình thái học, chúng tôi tiến hành khảo sát tính chất phát quang của vật liệu nano $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ bằng cách đo phổ huỳnh quang (Hình 4). Kết quả cho thấy vật liệu phát quang chuyển đổi ngược trong vùng đỏ ứng với các đỉnh phát xạ nằm trong vùng có bước sóng từ 300 đến 800 nm. Tại bước sóng 450 nm, 480 nm ứng với chuyển dời $^1\text{D}_2 \rightarrow ^3\text{F}_4$, $^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$ của ion Tm^{3+} ; tại các bước sóng 520 nm, 540 nm và 650 nm ứng với các chuyển dời $^2\text{H}_{11/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$, $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ và $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ tương ứng của ion Er^{3+} khi kích thích tại bước sóng 980 nm.

4. Kết luận

Đã tổng hợp thành công vật liệu nano phát quang $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ bằng phương pháp thủy nhiệt. Vật liệu tổng hợp được có dạng hạt cầu với đường kính khoảng $100 \div 300$ nm, có cấu trúc hỗn hợp pha cubic α và pha hexagonal β . Vật liệu phát huỳnh quang tốt ở ánh sáng đỏ ứng với các chuyển dời đặc trưng $^1\text{D}_2 \rightarrow ^3\text{F}_4$, $^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$ của ion Tm^{3+} ; $^2\text{H}_{11/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$, $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ và $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ tương ứng của ion Er^{3+} khi kích thích tại bước sóng 980 nm. Kết quả cho thấy vật liệu nano $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/(\text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+})$ thích hợp dùng để tạo công cụ phát hiện, đánh dấu tế bào ung thư ứng dụng trong y sinh.

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. Các tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Y Hà Nội đã tạo điều kiện để thực hiện đề tài cấp cơ sở theo quyết định số 698/QĐ-ĐHYHN về việc phê duyệt nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp cơ sở của Trường Đại học Y Hà Nội năm 2024.

Tài liệu tham khảo

- D. Vennerberg and Z. Lin, 2011. Upconversion Nanocrystals: Synthesis, Properties, Assembly and Applications. *Science of Advanced Materials*, Vol. 3, 26–40.
- E. Hong, L. Liu, L. Bai, C. Xia, L. Gao, L. Zhang, & B. Wang, 2019. Control Synthesis, Subtle Surface Modification of Rare-Earth-Doped Upconversion Nanoparticles and their Applications in Cancer Diagnosis and Treatment. *Materials Science and Engineering C*, 105, 110097. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110097>.
- H. Chen, W. Tang, Y. Liu, & L. Wang, 2022, Quantitative Image Analysis Method for Detection of Nitrite with Cyanine Dye- $\text{NaYF}_4: \text{Yb}, \text{Tm} @ \text{NaYF}_4$ Upconversion Nanoparticles Composite Luminescent Probe. *Food Chemistry*, 367, 130660. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130660>.

- J. Chen and J. X. Zhao, 2012. Upconversion Nanomaterials: Synthesis, Mechanism, and Applications in Sensing. *Sensors* 12, 2414-2435.
- J. Grube, 2022. Up-Conversion Luminescence Processes in NaLaF₄ Doped with Tm³⁺ and Yb³⁺ and Dependence on Tm³⁺ Concentration and Temperature". *Appl Spectrosc*, 76(2), 189-198.
- J. Grube, J. Butikova, 2023. Thermal Effects in Up-Conversion Luminescence NaYF₄: Tm³⁺, Yb³⁺ Core-Shell Nanoparticles in the Temperature Range of 18-312 K. *Appl Spectrosc*, 77(12), 1344 - 1350.
- L. Q. Minh, T. T. Huong, N. T. Huong, H. T. Khuyen, N. T. Binh, D. K. Tung, T. K. Anh, N. D. Hien, L. T. Luan, N. T. Quy, D. M. Dung, N. N. A. Thu and N. V. Man, 2012. Development of a fluorescent label tool based on lanthanide nanophosphors for viral biomedical application. *Nanosci. Nanotechnol.* 3, 2043-6254.
- S. Balabhadra, M. F. Reid, V. Golovko & J. P. R. Wells, 2020. A Comparison of the Yb³⁺ Absorption and Upconversion Excitation Spectra for Both the Cubic and Hexagonal Phases of NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺ Nanoparticles. *Optical Materials*, 107, 110050. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2020.110050>.
- S. Cui, L. Tao, W. K. Chan, D. Zhou, Z. Yu, W. Xu, 2022. Tunable concentration-dependent upconversion and downconversion luminescence in NaYF₄: Yb³⁺, Er³⁺@ NaYF₄: Yb³⁺, Nd³⁺ core-shell nanocrystals for a dual-mode anti-counterfeiting imaging application. *Opt Lett.* 1;47(11), 2814-2817.
- T. Grzyb, P. Kamiński, D. Przybylska, A. Tyminiński, F. Sanz-Rodríguez, P. Haro Gonzalez, 2021. Manipulation of up-conversion emission in NaYF₄ core@shell nanoparticles doped by Er³⁺, Tm³⁺, or Yb³⁺ ions by excitation wavelength-three ions-plenty of possibilities. *Nanoscale*, 13(15), 7322-7333.
- T. T. Huong, H. T. Phuong, L. T. Vinh, H. T. Khuyen, D. T. Thao, L. D. Tuyen, T. K. Anh, and L. Q. Minh, 2021. Upconversion NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺@silica-TPGS bio-nano complexes: synthesis, characterization, and in vitro test for labelling cancer cells. *The Journal of Physical Chemistry B*, 125, 34, 9768-9775.
- T. T. Hương, H. T. Phương, L. T. Vinh, P. D. Hằng, H. T. Khuyên, 2020. Tổng hợp vật liệu nano NaYF₄: Yb³⁺, Er³⁺ nhằm ứng dụng trong đánh dấu tế bào ung thư phổi Lu-1. *Vietnam J. Chem.*, 58(5E12), 255-261.
- Y. Ma, M. Chen, M. Li, 2015. Hydrothermal synthesis of hydrophilic NaYF₄:Yb,Er nanoparticle with bright upconversion luminescence as biological label. *Materials Letters*, 139, 22–25.
- Y. Li, C. Chen, F. Liu, J. Liu, 2022. Engineered lanthanide-doped upconversion nanoparticles for biosensing and bioimaging application. *Mikrochim Acta*, 189(3), 109. doi: 10.1007/s00604-022-05180-1.

ABSTRACT

Survey on the properties of upconversion luminescent materials containing Er³⁺ and Tm³⁺

Ha Thi Phuong¹, Le Thi Vinh², Phan Dieu Hang¹, Nguyen Thu Thuy¹, Dao Thi Ngoan¹, Tu Anh Phong¹, Nguyen Thi Nguyet¹, Hoang Xuan Cuong¹, Nguyen Thi Le³, Hoang Thi Thu Trang³, Chu Nong Quan Huan³, Tran Thu Huong^{4,*}

¹Hanoi Medical University

²Faculty of Basic Science, Hanoi University of Mining and Geology

³Na Bao High School

⁴Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

In this report, we present several results on the synthesis of NaYF₄: Er³⁺/Tm³⁺ nanomaterials using the hydrothermal method. We find suitable conditions to control the particle size of the material. The morphology, structure, and optical properties of the nanomaterials were observed using field emission electron microscopy, infrared spectroscopy, X-ray diffraction analysis, and fluorescence spectroscopy. The NaYF₄: Yb³⁺/ (Er³⁺, Tm³⁺) material has a particle shape with a diameter of about 100 to 300 nm, emits strong fluorescence in the red region. The survey results show that NaYF₄: Yb³⁺/(Er³⁺, Tm³⁺) nanomaterials have potential as agents for detecting cancer cells in biomedical applications.

Keywords: "NaYF₄: Yb³⁺/(Er³⁺, Tm³⁺)"; "nanomaterials"; "hydrothermal method"; "fluorescence"