

## KHẢO SÁT TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU NANO PHÁT QUANG CHUYỂN ĐỔI NGƯỢC CHỨA Tm(III)/Yb(III) TRÊN NỀN NaYF<sub>4</sub>

Hà Thị Phụng<sup>1</sup>, Lê Thị Vinh<sup>2</sup>, Phan Diệu Hằng<sup>1</sup>, Nguyễn Thu Thủy<sup>1</sup>,  
Đào Thị Ngoãn<sup>1</sup>, Từ Anh Phong<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Nguyệt<sup>1</sup>, Trần Thu Hương<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Hóa học, Trường Đại học Y Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Bộ môn Hóa học, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

<sup>3</sup>Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học & Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

### ARTICLE INFORMATION TÓM TẮT

**Journal:** Vinh University

*Journal of Science*

ISSN: 1859-2228

**Volume:** 52

**Issue:** 3A

**\*Correspondence:**

tranthuhuongvast@gmail.com

**Received:** 05 May 2023

**Accepted:** 27 June 2023

**Published:** 20 September 2023

### Citation:

Hà Thị Phụng, Lê Thị Vinh,  
Phan Diệu Hằng, Nguyễn Thu  
Thủy, Đào Thị Ngoãn, Từ Anh  
Phong, Nguyễn Thị Nguyệt, Trần  
Thu Hương (2023). Khảo sát tính  
chất của vật liệu nano phát  
quang chuyển đổi ngược chứa  
Tm(III)/Yb(III) trên nền NaYF<sub>4</sub>.

*Vinh Uni. J. Sci.*

Vol. 52 (3A), pp. 55-62

doi: 10.56824/vujs.2023a051

### OPEN ACCESS

Copyright © 2023. This is an  
Open Access article distributed  
under the terms of the Creative  
Commons Attribution License  
(CC BY NC), which permits non-  
commercially to share (copy and  
redistribute the material in any  
medium) or adapt (remix,  
transform, and build upon the  
material), provided the original  
work is properly cited.

Bài báo nhằm mục đích khảo sát tính chất của vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa Tm(III) và Yb(III) trên nền NaYF<sub>4</sub>. Vật liệu được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt. Hình thái học, cấu trúc, tính chất phát quang của vật liệu được nghiên cứu bằng kính hiển vi điện tử quét xạ phát trường (FESEM), nhiễu xạ tia X, phổ hồng ngoại biến đổi Fourier và phổ huỳnh quang. Các kết quả chỉ ra rằng, vật liệu nano tổng hợp được có dạng hạt với đường kính từ 100-200 nm, có cấu trúc pha hexagonal  $\beta$ -NaYF<sub>4</sub>, phát bức xạ xanh lam với bước sóng kích thích tại 980 nm. Các đặc tính phát quang này cho thấy chúng có nhiều hứa hẹn ứng dụng trong y sinh.

**Từ khóa:** Phát quang; chuyển đổi ngược; thủy nhiệt; Tm(III)/Yb(III); NaYF<sub>4</sub>.

### 1. Giới thiệu

Hiện nay, các vật liệu nano chứa đất hiếm được nghiên cứu ngày càng nhiều do những tính chất quang đặc biệt của chúng [1-7]. Các vật liệu này có một số ưu điểm như thời gian sống huỳnh quang dài, độ chuyển dịch Stock lớn, độ rộng phổ hẹp, vị trí vạch phổ ổn định, dễ chế tạo, dễ chức năng hóa bề mặt, thân thiện với môi trường và cơ thể con người nên chúng được ứng dụng làm cảm biến, chế tạo các công cụ đánh dấu, chẩn đoán hình ảnh... [8-10].

Trong số các vật liệu chứa đất hiếm, loại vật liệu có hiệu ứng chuyển đổi ngược đang được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới quan tâm đặc biệt. Loại vật liệu này khi được kích thích bởi nguồn sáng có năng lượng photon thấp (ví dụ nguồn laser hồng ngoại 980 nm) sẽ phát ra các photon có năng lượng cao hơn năng lượng của photon kích thích (ví dụ các bức xạ ở vùng nhìn thấy từ 400-700 nm). Ngoài ra, việc dùng nguồn kích thích hồng ngoại có ưu điểm không gây biến đổi tế bào, thân thiện với cơ thể người, có thể xuyên được vài milimet vào mô người nên sẽ tác dụng sâu hơn vào vùng tổn thương. Hơn nữa, chúng giúp giảm tối đa khả năng tự phát quang của đối tượng và nâng cao độ tương phản của hình ảnh. Chính vì vậy, các vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược ngày càng được sử dụng nhiều trong y học [11-15]. Một trong những hướng

ứng dụng chính của chúng đang hướng tới là đánh dấu, nhận dạng tế bào ung thư. Do đó, loại vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa các ion đất hiếm Er(III), Tm(III), Yb(III)... đang được ưu tiên lựa chọn nghiên cứu.

Ở Việt Nam, nghiên cứu hệ vật liệu phát quang chuyển đổi ngược chứa đất hiếm trên nền NaYF<sub>4</sub> cũng đã có một số nhà khoa học tập trung nghiên cứu và đã đạt được những kết quả khả quan [16-18]. Tuy nhiên, hướng nghiên cứu chủ yếu đề cập đến cặp vật liệu chứa Er(III)/Yb(III) phát màu đỏ chứ chưa đề cập nhiều đến cặp vật liệu chứa Tm(III)/Yb(III) phát màu xanh lam. Thông thường, ánh sáng màu xanh nhạy với mắt và dễ quan sát hơn so với ánh sáng màu đỏ. Đây là một ưu điểm giúp phân biệt một cách trực quan trong quá trình đánh dấu tế bào. Do đó trong nghiên cứu này, cặp vật liệu chứa Tm(III)/Yb(III) phát màu xanh đã được chọn làm đối tượng nghiên cứu. Việc nghiên cứu tổng hợp vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược nền NaYF<sub>4</sub> pha tạp Tm(III) và Yb(III), khảo sát các tính chất đặc trưng của chúng, trên cơ sở đó định hướng ứng dụng trong y sinh là cần thiết.

Trong bài báo này, trình bày một số kết quả về tổng hợp vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược chứa Tm(III) và Yb(III) trên nền NaYF<sub>4</sub> bằng phương pháp thủy nhiệt. Hình thái học và cấu trúc của vật liệu được khảo sát bằng phương pháp chụp ảnh FESEM, giản đồ nhiễu xạ tia X và phổ hồng ngoại biến đổi Fourier. Tính chất phát quang của vật liệu được khảo sát thông qua việc đo phổ huỳnh quang. Từ các kết quả thu được cho thấy, vật liệu nano tổng hợp được phát quang mạnh trong vùng màu xanh lam khi được kích thích, phù hợp để ứng dụng trong một số lĩnh vực y sinh như làm tác nhân đánh dấu, nhận dạng một số loại tế bào.

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Hóa chất

Mẫu vật liệu NaYF<sub>4</sub> pha tạp Thulium và Ytterbium được tổng hợp dựa trên phương pháp thủy nhiệt và sử dụng các hóa chất sau: Y(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O 99,9% (Sigma); Yb(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 99,9% (Sigma); Tm(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 99,9% (Sigma); NaF 99,5% (Merck); NaOH 99% (Merck); C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 99,9% (Sigma); C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub> 99,9% (Merck); nước khử ion. Theo kinh nghiệm của nhóm nghiên cứu, tỉ lệ thích hợp về % mol giữa ion tâm phát quang/ion kích hoạt là 0,5/20 [16]. Do đó, với hệ vật liệu NaYF<sub>4</sub>: Tm(III)/Yb(III) tỉ lệ % mol của Tm(III)/Yb(III) được lựa chọn là 0,5/20.

### 2.2. Phương pháp tổng hợp mẫu

- Trước tiên, cho vào bình phản ứng các hóa chất NaOH, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub> và nước. Sau đó khuấy trong 15 phút thu được dung dịch A.
- Pha dung dịch gồm các tiền chất đất hiếm: Y(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O; Yb(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O; Tm(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O với nước. Tiếp tục khuấy 15 phút thu được dung dịch B.
- Nhỏ từ từ dung dịch B vào dung dịch A và khuấy thêm 30 phút, rồi tiếp tục cho từ từ dung dịch NaF vào thu được dung dịch C.
- Cho dung dịch C vào autoclave ở 180°C trong 24 giờ.
- Mẫu được làm nguội về nhiệt độ phòng, li tâm, lọc rửa bằng nước khử ion. Sản phẩm NaYF<sub>4</sub>: Tm(III)/Yb(III) thu được sấy ở 80°C trong 24 giờ.

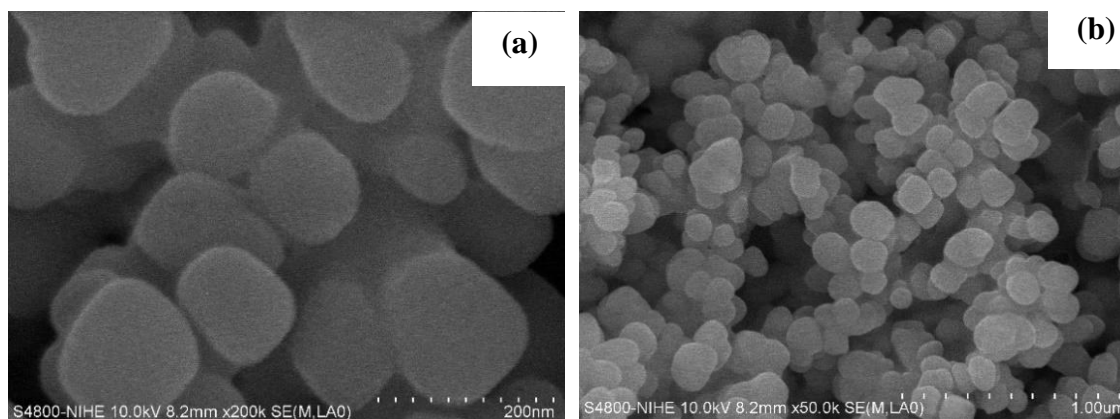
### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Hình thái học của vật liệu được quan sát trên kính hiển vi điện tử phát trường (FESEM, Hitachi). Cấu trúc của vật liệu được khảo sát trên hệ đo nhiễu xạ tia X (Siemens D5000 với  $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ,  $10^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ ). Phổ hồng ngoại được thực hiện trên hệ đo phổ hồng ngoại FTIR - IMPACT 410-Nicolet. Tính chất phát 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.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Hình thái học của vật liệu

Hình 1 trình bày ảnh FESEM của mẫu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  với tỉ lệ % mol của  $\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  là 0,5/20 ủ ở  $180^\circ\text{C}$  trong 24 giờ tại các thang đo khác nhau. Qua ảnh FESEM cho thấy, vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  tổng hợp được có dạng hạt với đường kính khoảng 100-200 nm. Các hạt đồng đều và không bị kết dính.



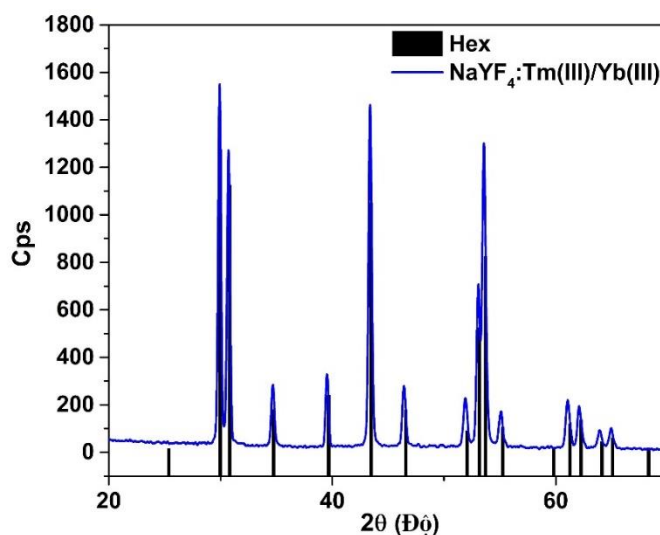
**Hình 1:** Ảnh FESEM của  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  được ủ ở  $180^\circ\text{C}$  trong 24 giờ tại thang đo 200 nm (a) và  $1 \mu\text{m}$  (b)

### 3.2. Cấu trúc của vật liệu

#### Giải đồ nhiễu xạ tia X

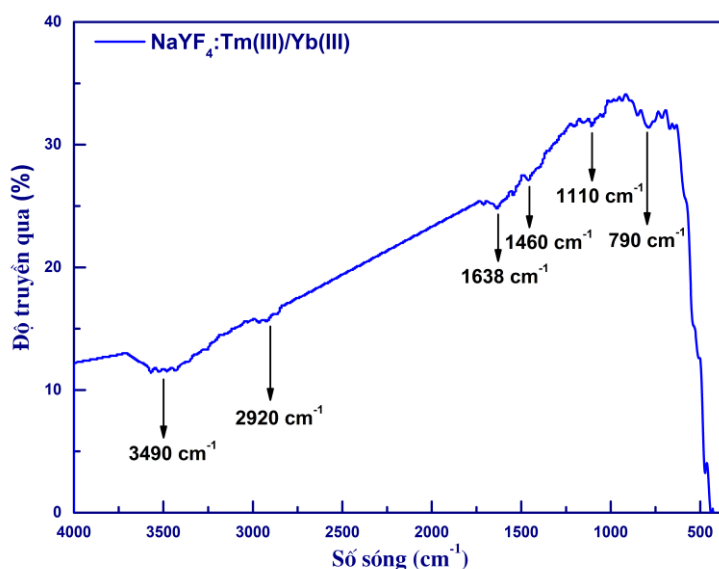
Hình 2 trình bày giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$ . Phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X cho thấy, vị trí của các vạch nhiễu xạ chính của  $\text{NaYF}_4$  có cấu trúc pha hexagonal  $\beta$ - $\text{NaYF}_4$  (phù hợp với các kết quả trên thẻ chuẩn JCPDS số 16-0334). Do đó, vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  có cấu trúc pha hexagonal  $\beta$ - $\text{NaYF}_4$ .

Theo nghiên cứu của một số nhóm tác giả, khả năng phát quang chuyển đổi ngược của vật liệu có cấu trúc hexagonal  $\beta$ - $\text{NaYF}_4$  mạnh hơn so với cấu trúc cubic  $\alpha$ - $\text{NaYF}_4$  nên các nhà khoa học luôn có xu hướng tìm các giải pháp để tổng hợp được loại vật liệu có cấu trúc hexagonal này [16, 19]. Hơn nữa, từ Hình 2 cho thấy các đỉnh nhiễu xạ có cường độ cao và sắc nét chứng tỏ mẫu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  có cấu trúc hexagonal được kết tinh tốt.



**Hình 2:** Giản đồ nhiễu xạ tia X của  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  được ủ ở  $180^\circ\text{C}$  trong 24 giờ

Phổ hồng ngoại



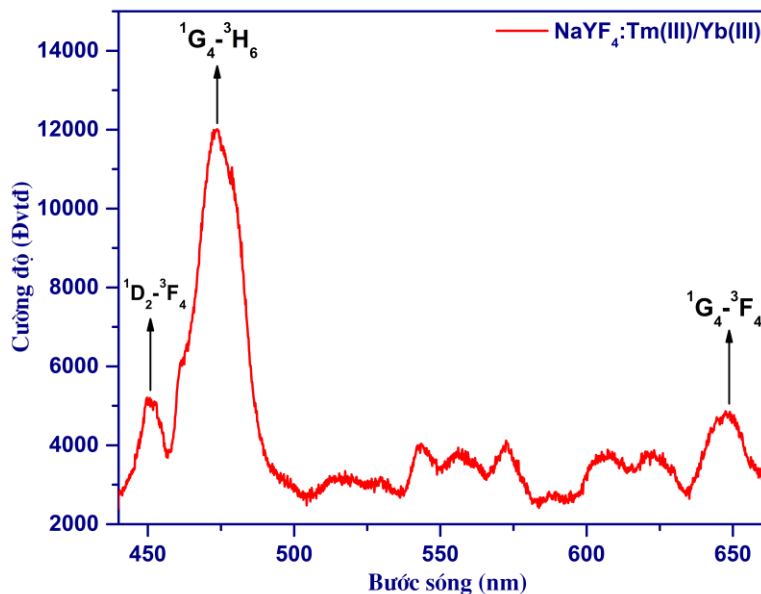
**Hình 3:** Phổ hồng ngoại của vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  được ủ ở  $180^\circ\text{C}$  trong 24 giờ

Phổ hồng ngoại của vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  được ủ ở  $180^\circ\text{C}$  trong 24 giờ được chỉ ra trên Hình 3. Kết quả thu được cho thấy, trên mẫu vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  xuất hiện đỉnh hấp thụ tại  $3490\text{ cm}^{-1}$  (đặc trưng cho dao động hoá trị liên kết O-H của hơi nước hấp thụ) và đỉnh hấp thụ tại  $2920\text{ cm}^{-1}$  (đặc trưng cho dao động hoá trị liên kết -C-H). Các đỉnh hấp thụ nằm trong khoảng  $1100\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$  là dao động biến dạng của liên kết -C-H, -C=O. Mặt khác, các nguyên tử Tm, Yb liên kết với vật liệu

nền  $\text{NaYF}_4$  thể hiện qua các dao động ở các tần số thấp tương ứng với các số sóng trong khoảng  $400\text{-}800\text{ cm}^{-1}$ .

### 3.3. Tính chất phát quang

Một trong những yêu cầu của vật liệu ứng dụng trong y sinh là vật liệu phải có cường độ phát quang cao. Ngoài các nghiên cứu về hình thái học và cấu trúc, chúng tôi tiến hành nghiên cứu khả năng phát quang của vật liệu thông qua phổ huỳnh quang.



**Hình 4:** Phổ huỳnh quang của mẫu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  được ủ ở  $180^\circ\text{C}$  trong 24 giờ

Phổ huỳnh quang của vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  được thể hiện trên Hình 4. Kết quả phân tích cho thấy, vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  có các đỉnh phát xạ trong vùng bước sóng từ  $400\text{-}700\text{ nm}$ . Khi được kích thích tại bước sóng  $980\text{ nm}$ , vật liệu phát quang trong vùng bước sóng  $451\text{ nm}$ ,  $473\text{ nm}$ ,  $649\text{ nm}$  ứng với các chuyển dời  $^1\text{D}_2 \rightarrow ^3\text{F}_4$ ,  $^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$ ,  $^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{F}_4$  đặc trưng của  $\text{Tm(III)}$  với đỉnh phát xạ chính tại bước sóng  $473\text{ nm}$ . Vật liệu  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  sau tổng hợp được chức năng hóa, liên hợp hóa nhằm tương thích sinh học để tạo phức hợp nano y sinh có thể bắt cặp tế bào ung thư nhằm định hướng ứng dụng trong y sinh.

### 4. Kết luận

Thông qua phương pháp thủy nhiệt, chúng tôi đã tổng hợp thành công vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược  $\text{NaYF}_4:\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  với tỉ lệ % mol của  $\text{Tm(III)}/\text{Yb(III)}$  là  $0,5/20$ . Vật liệu có dạng hạt, đường kính từ  $100\text{-}200\text{ nm}$ , có cấu trúc pha hexagonal  $\beta\text{-NaYF}_4$  và phát quang tại các vùng bước sóng  $451\text{ nm}$ ,  $473\text{ nm}$  và  $649\text{ nm}$  ứng với các chuyển dời  $^1\text{D}_2 \rightarrow ^3\text{F}_4$ ,  $^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$  và  $^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{F}_4$  của ion  $\text{Tm}^{3+}$  với bước sóng kích thích  $980\text{ nm}$ , đỉnh phát xạ mạnh nhất màu xanh lam ở  $473\text{ nm}$ . Kết quả này là

tiền đề ứng dụng vật liệu nano phát quang chuyển đổi ngược trong quá trình phát hiện, nhận dạng tế bào ung thư.

**Lời cảm ơn:** Công trình này được hỗ trợ kinh phí nghiên cứu 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 4742/QĐ-ĐHYHN về việc phê duyệt nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp cơ sở của Trường Đại học Y Hà Nội năm 2022).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Zhou, H. Fang, L. Zhao, Z. He, C. Zhang, and J. Xu, “Green and red upconversion emissions from  $\text{Tm}^{3+}/\text{Er}^{3+}$  codoped  $\text{NaYF}_4$  nanocrystals under 980 nm excitation,” *Journal of Luminescence*, 214, 116656, 2019.
- [2] V. T. Vera et al., “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, 8902-8911, 2021.
- [3] T. Wu, et al., “Synthesis of highly luminescent  $\beta\text{-NaYF}_4\text{:Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  upconversion nanoparticles regulated by sodium hexametaphosphate: For customs supervision,” *Optical Materials*, 124, 111970, 2022. DOI: 10.1016/j.optmat.2022.111970
- [4] S. Abbasi-Moayed, A. Bigdeli, and M. R. Hormozi-Nezhad, “Application of  $\text{NaYF}_4\text{:Yb/Er/Tm}$  UCNPs in Array-Based Sensing of Neurotransmitters: From a Single Particle to a Multichannel Sensor Array,” *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 12, 47, 52976-52982, 2020. DOI: 10.1021/acsami.0c17200
- [5] S. K. Ray, B. Joshi, J. Hur, “White-light emission in  $\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$ - and  $\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}/\text{Tm}^{3+}/\text{Ho}^{3+}$ -doped  $\alpha\text{-NiMoO}_4$  nanoparticles,” *Nanotechnology*, 33 (39), 395705, 2022.
- [6] C. Zhang, et al., “Enhanced UV-Vis-NIR composite photocatalysis of  $\text{NaBiF}_4\text{:Yb}^{3+}, \text{Tm}^{3+}$  upconversion nanoparticles loaded on  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  microspheres,” *Journal of Solid State Chemistry*, 300, 122248, 2021. DOI: 10.1016/j.jssc.2021.122248
- [7] E. He, H. Zheng, W. Gao, Y. Tu, Y. Lu, G. Li, “Investigation of upconversion and downconversion fluorescence emissions from  $\beta\text{-NaLn}_2\text{F}_4\text{:Yb}^{3+}, \text{Ln}_2^{3+}$  ( $\text{Ln}_1 = \text{Y}, \text{Lu}; \text{Ln}_2 = \text{Er}, \text{Ho}, \text{Tm}, \text{Eu}$ ) hexagonal disk system,” *Materials Research Bulletin*, Vol 48, Issue 9, 3505-3512, 2013. DOI: 10.1016/j.materresbull.2013.05.046
- [8] L. Luo, M. Wang, Z. Yan, & C. Yang, “Multifunctional  $\text{NaYF}_4\text{:Yb, Tm@SiO}_2\text{@NH}_2$  nanoplatforms for bioimaging and drug delivery,” *Journal of Nanoparticle Research*, 20(12), 326, 2018.
- [9] B. Dong, G. Li & Y. Dai, “Mn-doped  $\text{NaYF}_4\text{:Yb, Tm@SiO}_2$  nanocrystals: a bimodal imaging agent for MRI and upconversion luminescence imaging,” *Nanoscale*, 9(45), pp. 17938-17948, 2017.
- [10] W. Li, L. Hu, W. Chen, S. Sun, M. Guzik, G. Boulon, “Enhanced red up-conversion of  $\beta\text{-NaYF}_4\text{:Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+}$  microcrystals for bio-imaging applications,” *Journal of*

- Alloys and Compounds*, vol. 926, 166743, 2022. DOI: 10.1016/j.jallcom.2022.166743
- [11] A. Gulzar, J. Xu, P. Yang, F. He and L. Xu “Upconversion processes: versatile biological applications and biosafety,” *Nanoscale*, 9, 12248-12282, 2017. DOI: 10.1039/C7NR01836C
- [12] X. Zhu, J. Zhang, J. Liu, and Y. Zhang “Recent Progress of Rare-Earth Doped Upconversion Nanoparticles: Synthesis, Optimization, and Applications,” *Adv. Sci.*, 6, 1901358, 2019. DOI: 10.1002/advs.201901358
- [13] K. L. Reddy, N. Prabhakar, J. M. Rosenholm and V. Krishnan “Core-Shell Structures of Upconversion Nanocrystals Coated with Silica for Near Infrared Light Enabled Optical Imaging of Cancer Cells,” *Micromachines* 9, 400; doi:10.3390/mi9080400, 2018. DOI: 10.3390/mi9080400
- [14] K. L. Reddy, N. Prabhakar, R. Arppe, J. M. Rosenholm, and V. Krishnan “Microwave-assisted one-step synthesis of acetate-capped NaYF<sub>4</sub>:Yb/Er upconversion nanocrystals and their application in bioimaging,” *J Mater Sci*, 52:5738-5750, 2017. DOI: 10.1007/s10853-017-0809-z
- [15] Y. Li and G. Chen “Upconversion Nanoparticles for Cancer Therapy,” *Adv. NanoBiomed Res.* 2, 2200092, 2022. DOI: 10.1002/anbr.202200092
- [16] T. T. Huong et al., “Upconversion NaYF<sub>4</sub>:Yb<sup>3+</sup>/Er<sup>3+</sup>@silica-TPGS Bio-Nano Complexes: Synthesis, Characterization, and In Vitro Tests for Labeling Cancer Cells,” *J. Phys. Chem. B*, 125, 9768–9775, 2021. DOI: 10.1021/acs.jpcc.1c05472
- [17] L. T. K. Giang, L. Marciniak, D. Hreniak, T. K. Anh, L. Q. Minh, “Synthesis, Investigating the effect of Yb<sup>3+</sup> and Er<sup>3+</sup> concentration on red/green luminescent ratio in  $\beta$ -NaYF<sub>4</sub>: Er, Yb nanocrystals using spectroscopic techniques Structural Characterization, and Emission Properties of NaYF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup>/Yb<sup>3+</sup> Upconversion Nanoluminophores,” *J. Electron Mater.*, 45, 4790–4795, 2016. DOI: 10.1007/s11664-016-4646-7
- [18] C. T. M. Dung, L. T. T. Giang, N. T. P. Nhung, D. T. A. Nguyet, N. V. Thon, T. T. T. Van, “Investigating the effect of Yb<sup>3+</sup> and Er<sup>3+</sup> concentration on red/green luminescent ratio in  $\beta$ -NaYF<sub>4</sub>: Er, Yb nanocrystals using spectroscopic techniques,” *J. Mol. Struct.*, 1210, 128014, 2020. DOI: 10.1016/j.molstruc.2020.128014
- [19] Y. Sui, K. Tao, Q. Tian, and K. Sun, “Interaction Between Y<sup>3+</sup> and Oleate Ions for the Cubic-to-Hexagonal Phase Transformation of NaYF<sub>4</sub>,” *Nanocrystals J. Phys. Chem. C*, 116(2), 1732-1739, 2012. DOI: 10.1021/jp208780x

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION OF UP-CONVERSION LUMINESCENT NANO MATERIALS CONTAINING Tm(III)/Yb(III) BASED ON NaYF<sub>4</sub> HOST

**Ha Thi Phuong<sup>1</sup>, Le Thi Vinh<sup>2</sup>, Phan Dieu Hang<sup>1</sup>, Nguyen Thu Thuy<sup>1</sup>,  
Dao Thi Ngoan<sup>1</sup>, Tu Anh Phong<sup>1</sup>, Nguyen Thi Nguyet<sup>1</sup>, Tran Thu Huong<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Chemistry, Hanoi Medical University, Vietnam*

<sup>2</sup>*Faculty of Chemistry, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

<sup>3</sup>*Institute of Materials Science,*

*Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam*

Received on 05/5/2023, accepted for publication on 27/6/2023

This study aimed to investigate the properties of up-conversion luminescent nanomaterials containing Tm(III) and Yb(III) based on NaYF<sub>4</sub> host. The materials were synthesized using the hydrothermal method. The morphology, structure and luminescent properties of the material were analyzed using field emission scanning electron microscopy, X-ray diffraction, Fourier transform infrared spectroscopy, and photoluminescence spectroscopy. The results indicate that the synthesized nanomaterials were in the form of particles with a diameter ranging from 100-200 nm, had a hexagonal  $\beta$ -NaYF<sub>4</sub> phase structure, and emitted blue light at a wavelength of 980 nm. These luminescent properties of the material indicate their potential application in biomedical fields.

**Keywords:** Luminescent; up-conversion; hydrothermal; Tm(III)/Yb(III); NaYF<sub>4</sub>.