

# TỔNG HỢP VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU NANO PHÁT QUANG $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$ ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG MỨC HUỖNH QUANG BẢO MẬT

Ngô Quốc Luân<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Hương<sup>1</sup>, Lê Thị Thảo<sup>2</sup> và Ngô Khắc Không Minh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

Email: nkkminh@ctu.edu.vn

## Thông tin chung:

Ngày nhận bài:

02/4/2024

Ngày nhận bài sửa:

14/5/2024

Ngày duyệt đăng:

22/5/2024

**Từ khóa:** Mức huỳnh quang bảo mật, vật liệu nano,  $GdVO_4:Eu$ , vật liệu nano phát quang,

## TÓM TẮT

Vật liệu nano phát quang  $GdVO_4$  được tổng hợp bằng phản ứng nổ. Vật liệu sau khi tổng hợp được nghiên cứu cấu trúc, hình thái bằng các phương pháp XRD, SEM, EDX. Tính chất quang của vật liệu được khảo sát bằng phương pháp phổ huỳnh quang và phép đo thời gian sống huỳnh quang. Dưới ánh sáng kích thích có bước sóng 254 nm, phổ huỳnh quang thể hiện các chuyển dời đặc trưng của ion  $Eu^{3+}$   ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_J$  ( $J = 1, 2, 3, 4$ ), trong đó phát xạ đỏ ứng với chuyển dời  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$  ở 615 nm chiếm ưu thế. Thời gian sống huỳnh quang của vật liệu được xác định là 1,34 ms. Bước đầu đã có tín hiệu thành công khi thử nghiệm mực in bảo mật với thành phần gồm  $GdVO_4:5\%Eu$ , PVA và ethanol. Mực bảo mật phát quang đỏ dưới ánh sáng kích thích có bước sóng 254 nm.

## 1. GIỚI THIỆU

Trong những thập niên gần đây, vật liệu nano đã và đang trở thành đối tượng nghiên cứu hấp dẫn do chúng có những tính chất vô cùng đặc biệt. Bên cạnh đó, công nghệ nano đang đóng góp phần lớn vào sự thay đổi bộ mặt của khoa học công nghệ hiện nay bởi các ứng dụng rất rộng rãi từ vật liệu, xây dựng, sản phẩm tiêu dùng đến y tế, điện tử và rất nhiều ứng dụng khác nữa,... Trong số đó, vật liệu nano phát quang đang rất được chú trọng bởi chúng có rất nhiều ứng dụng quan trọng trong nghiên cứu hóa học (Hong Gu, 2019), nông nghiệp (Thu, 2016), y sinh (Lien, 2020; Tran, 2016),... Các nghiên cứu trước đây cũng chứng minh được mạng chủ vanadate ( $VO_4^{3-}$ ) có độ bền hóa học cao, có tần số dao động phonon thấp, đó là một trong những lý do mang đến hiệu suất phát quang cao của vật liệu. Ngoài ra, ion  $Gd^{3+}$  có cấu hình  $4f^7$  lớp vỏ electron bán bão hòa nên năng lượng chuyển

mức, kèm chuyển điện tích và năng lượng chuyển dời f - f của ion  $Gd^{3+}$  cao hơn mức năng lượng tương ứng của các nguyên tố đất hiếm khác, chính vì vậy ion  $Gd^{3+}$  không gây hiệu ứng dập tắt huỳnh quang cho các ion đất hiếm khác (Minh, 2020). Từ những đặc điểm trên cho thấy vật liệu có nền  $GdVO_4$  là đối tượng thú vị để ứng dụng tính chất quang học. Ngoài ra, việc pha tạp các ion đất hiếm, điều chỉnh nồng độ ion pha tạp để có được tính chất quang như mong muốn (hiệu suất phát quang và màu phát xạ). Các nghiên cứu trước đây cho thấy ion  $Eu^{3+}$  cho phát xạ màu đỏ rất mạnh trong vùng khả kiến (Minh, 2020).

Cho đến nay, có rất nhiều phương pháp chế tạo vật liệu nano như: phản ứng pha rắn, đông kết tủa, thủy nhiệt, phản ứng nổ (Tuông, 2007) ... Trong nghiên cứu này, vật liệu được tổng hợp bằng phương pháp phản ứng nổ vì đây là phương pháp đơn giản nhằm thu được vật liệu có kích cỡ nanomet.

Phương pháp này dựa trên phản ứng oxi hóa - khử giữa tác nhân khử là các chất hữu cơ có chứa nhóm amino và tác nhân oxi hóa là gốc nitrate. Muối nitrate của kim loại có trong thành phần vật liệu và chất khử được trộn lẫn trong dung dịch. Sự có mặt của nhóm amino không những làm tăng khả năng hòa tan các ion kim loại nhờ khả năng tạo phức của nhóm này mà còn cung cấp nhiên liệu cho phản ứng nổ. Sự tạo phức cũng góp phần làm giảm tốc độ hình thành vật liệu nhờ đó hạn chế được sự phát triển kích thước hạt. Kết quả là vật liệu thu được có kích thước nanomet.

Ngày nay, công nghệ in bảo mật ngày càng được chú trọng. Công nghệ in bảo mật thường áp dụng cho: các sản phẩm liên quan đến bảo mật trong kinh doanh như hợp đồng, giấy bảo hành. Một số mang tính bảo mật cao hơn như các loại tiền giấy, visa xuất nhập cảnh, các sản phẩm liên quan đến việc nhận dạng như: giấy khai sinh, giấy phép lái xe, căn

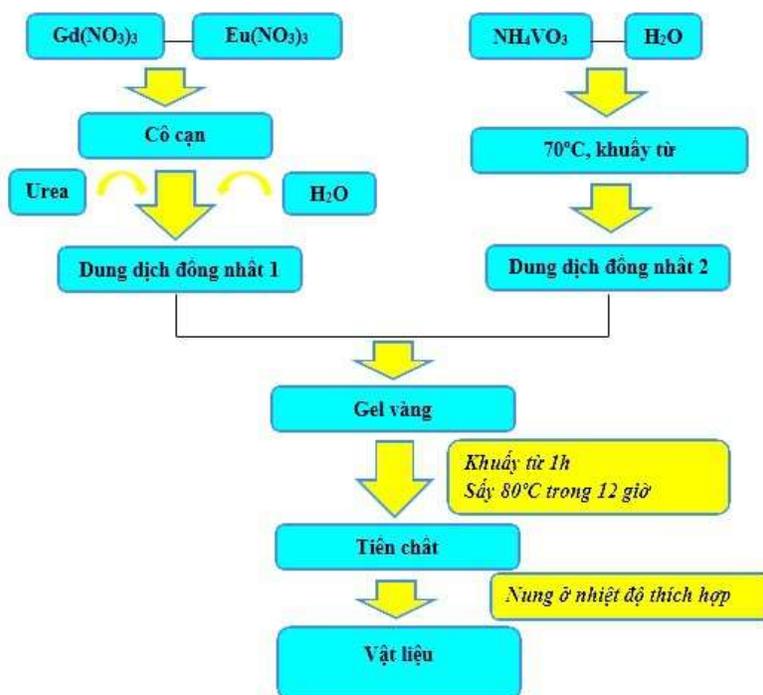
cước công dân, hộ chiếu (Anh, 2011) ... Năm 2015, tác giả Nguyễn Vũ và cộng sự (2015) đã tổng hợp thành công vật liệu  $GdVO_4:Eu^{3+}$  bằng phương pháp thủy nhiệt. Kết quả nghiên cứu cho thấy, vật liệu cho phát xạ ánh sáng đỏ trong vùng 594-700 nm dưới bước sóng kích thích 330 nm, rất thích hợp là vật liệu cho việc in bảo mật.

Trong bài viết này, vật liệu  $GdVO_4:Eu^{3+}$  được tổng hợp bằng phương pháp phản ứng nổ. Vật liệu sau khi tổng hợp được nghiên cứu cấu trúc hình thái và tính chất quang học nhằm định hướng ứng dụng in bảo mật.

## 2. THỰC NGHIỆM

Hóa chất:  $Gd_2O_3$  (Aldrich, 99,9%),  $Eu_2O_3$  (Aldrich, 99,99%), urea (99%, Merck),  $HNO_3$  65% (Merck),  $NH_4VO_3$  (Merck).

Quy trình tổng hợp vật liệu  $GdVO_4:Eu^{3+}$  được mô tả ở Hình 1.



Hình 1. Quy trình tổng hợp vật liệu  $GdVO_4:Eu^{3+}$

Nguồn: Minh, (2020).

Trước tiên, dung dịch hỗn hợp muối nitrate kim loại có thành phần phù hợp được cho vào cốc thủy tinh và cô cạn. Sau lần cô cạn thứ 3, hỗn hợp muối nitrate của các kim loại được hòa tan thành dung dịch bằng 2 mL nước. Dung dịch muối này được cho thêm 0,3 gam urea, đun trong 30 phút ở 70°C, có khuấy từ và có nắp đậy, thu được dung dịch 1 không màu.

Ở một cốc khác hòa tan  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  vào nước, gia nhiệt ở 70°C, khuấy từ 30 phút thu được dung dịch 2 có màu vàng.

Sau đó dung dịch 2 được nhỏ từ từ vào dung dịch 1 thấy xuất hiện vẩn đục màu vàng. Hỗn hợp này được đun tiếp trong 30 phút, ở 70°C, có nắp đậy. Mẫu tiền chất của vật liệu được sấy ở 80°C trong 12 giờ, sau đó đem nung sơ bộ ở 500°C trong 30 phút. Vật liệu sau nung sơ bộ đem nghiền nhỏ rồi tiếp tục được nung ở 900°C.

Mực in bảo mật được chế tạo có thành phần hạt nano  $\text{GdVO}_4: 5\%\text{Eu}^{3+}$ , chất liên kết PVA (polivinyl ancol) và dung môi ethanol. Trước tiên, hòa tan PVA vào dung môi ethanol, sau đó gia nhiệt dung dịch đến 70°C. Duy trì nhiệt độ này và khuấy từ liên tục trong 30 phút để đảm bảo PVA tan hoàn toàn. Sau đó, để dung dịch nguội dần về nhiệt độ phòng. Thêm bột phát quang  $\text{GdVO}_4: 5\%\text{Eu}^{3+}$  vào dung dịch PVA đã chuẩn bị, sau đó tiếp tục khuấy từ trong 30 phút để tạo hỗn hợp đều. Đem hỗn hợp này đánh siêu âm trong 15 phút để phá vỡ các kết tụ, giúp phân tán các hạt phát quang đồng đều trong dung dịch và đảm bảo tính đồng nhất của mực in.

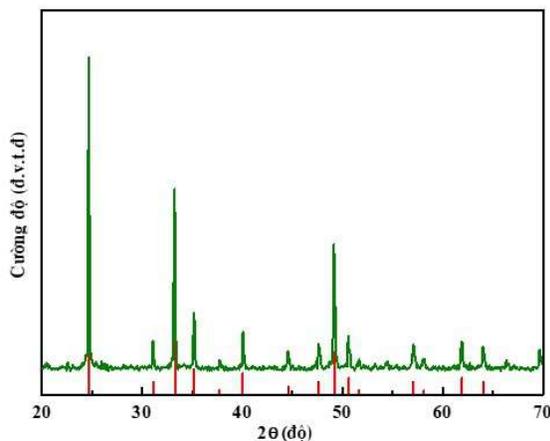
Vật liệu sau khi tổng hợp được nghiên cứu cấu trúc bằng phương pháp nhiễu xạ tia X trên thiết bị D8 - Advance - Bruker tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, góc quét  $2\theta$  từ 20° đến 70°. Hình

thái của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp hiển vi điện tử quét (SEM) trên thiết bị Hitachi S- 4800 tại Viện Vệ sinh Dịch tễ Trung ương. Tính chất quang của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp phổ huỳnh quang trên thiết bị Fluorolog- 3 tại phòng Hóa phân tích, Viện Hóa học, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

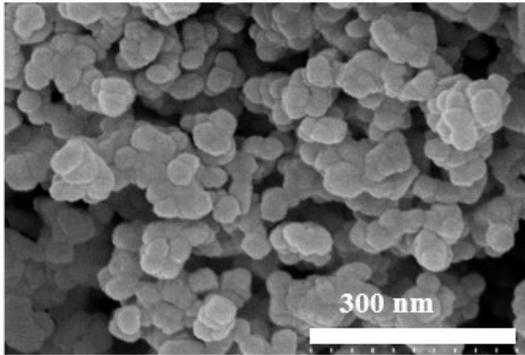
#### 3.1. Nghiên cứu cấu trúc và hình thái vật liệu $\text{GdVO}_4: 5\%\text{Eu}^{3+}$

Hình 2 trình bày giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu  $\text{GdVO}_4: 5\%\text{Eu}^{3+}$  được nung ở 900°C trong 1 giờ. Kết quả cho thấy, pha tinh thể của mạng nền  $\text{GdVO}_4$  đã được ghi nhận: mẫu nhận được là đơn pha, cấu trúc tinh thể tốt, tất cả các đỉnh nhiễu xạ đều phù hợp với thẻ chuẩn JCPDS 17-1260, không có pha tạp xuất hiện trên giản đồ. Vật liệu  $\text{GdVO}_4$  có cấu trúc tinh thể tetragonal với các thông số mạng  $a = b = 7,213 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,348 \text{ \AA}$ . Kích thước trung bình của tinh thể tính theo công thức Debye-Scherrer nằm trong khoảng 30 nm. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với công bố của Zhou Zhiqiang (2014).



**Hình 2.** Giản đồ nhiễu xạ tia X của  $\text{GdVO}_4: 5\%\text{Eu}^{3+}$

Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).

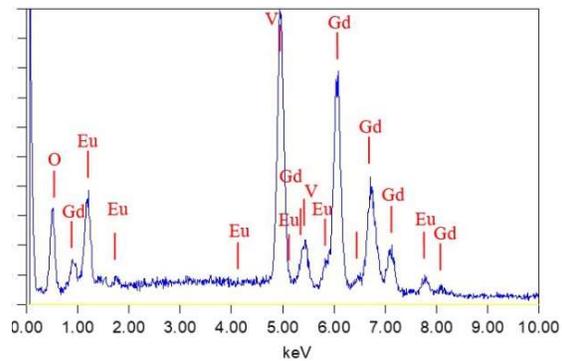


**Hình 3. Ảnh SEM của vật liệu GdVO<sub>4</sub>:5%Eu<sup>3+</sup>**

Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).

Để khẳng định về hình thái và kích thước vật liệu cũng như ảnh hưởng của nhiệt độ đến kích thước hạt vật liệu, vật liệu được tiến hành chụp ảnh hiển vi điện tử quét (SEM). Ảnh SEM của vật liệu GdVO<sub>4</sub>: 5%Eu<sup>3+</sup> được trình bày ở Hình 3 cho thấy: vật liệu có dạng hạt, hình tựa cầu, có kích thước khá đồng đều với kích thước trung bình nằm trong khoảng 30-40 nm. Kết quả SEM cũng trùng khớp với kết quả tính toán từ phương pháp nhiễu xạ tia X. Vì vậy, có thể nói, vật liệu GdVO<sub>4</sub>:5%Eu<sup>3+</sup> đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp phản ứng nổ.

Phổ EDX của mẫu vật liệu GdVO<sub>4</sub>:5%Eu<sup>3+</sup> được trình bày ở hình 4 để chứng minh thành phần hóa học của vật liệu và được thực hiện ở ba vị trí khác nhau. Kết quả phân tích cho thấy, mẫu vật liệu gồm các nguyên tố hóa học Gd, Eu, V, O và không xuất hiện tạp chất nào khác. Bảng 1 thể hiện giá trị trung bình tại ba điểm khác nhau của phần trăm khối lượng, phần trăm mol nguyên tử của từng nguyên tố hóa học hiện diện trong mẫu. Kết quả cho thấy thành phần nguyên tố của vật liệu phân bố tương đối đồng đều.



**Hình 4. Kết quả phân tích EDX của vật liệu GdVO<sub>4</sub>:5%Eu<sup>3+</sup>**

Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).

**Bảng 1. Tỷ lệ phần trăm khối lượng và phần trăm mol nguyên tử của các nguyên tố trong mẫu vật liệu GdVO<sub>4</sub>:5%Eu<sup>3+</sup>**

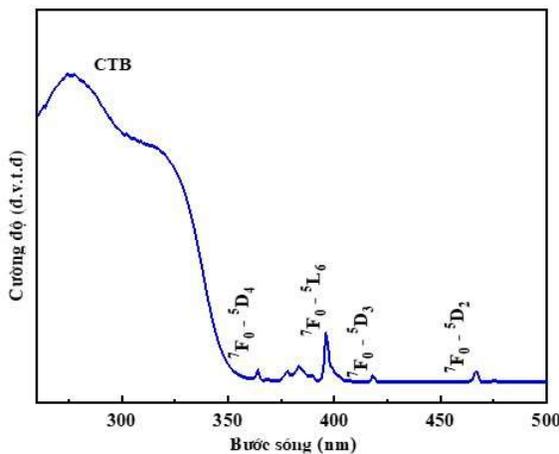
Nguyên tố	Gd		Eu		V		O	
	Khối lượng (%)	Mol nguyên tử (%)	Khối lượng (%)	Mol nguyên tử (%)	Khối lượng (%)	Mol nguyên tử (%)	Khối lượng (%)	Mol nguyên tử (%)
Vị trí 1	56,79	16,99	3,18	0,98	17,69	16,32	22,34	65,71
Vị trí 2	52,67	14,82	3,44	1,00	19,62	17,03	24,27	67,15
Vị trí 3	57,19	17,06	2,94	0,91	17,31	15,92	22,56	66,11
Trung bình	<b>55,55</b>	<b>16,29</b>	<b>3,19</b>	<b>0,96</b>	<b>18,21</b>	<b>16,42</b>	<b>23,06</b>	<b>66,32</b>

Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).

### 3.2. Nghiên cứu tính chất quang của vật liệu $\text{GdVO}_4:5\%\text{Eu}^{3+}$

Tính chất quang của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp phổ huỳnh quang. Thông qua phổ phát xạ huỳnh quang, các thông số quang học được tính toán nhằm định hướng ứng dụng về quang học của vật liệu.

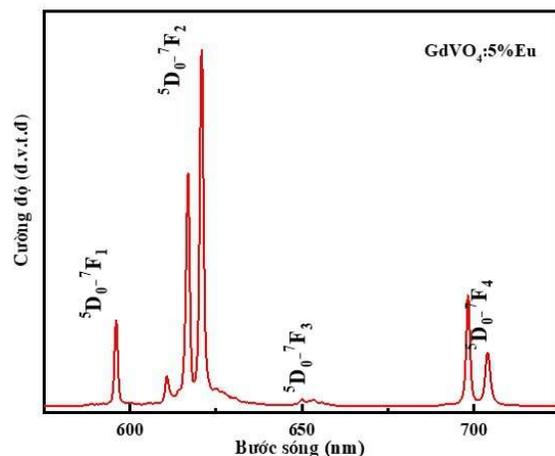
Hình 5 là phổ kích thích huỳnh quang của vật liệu  $\text{GdVO}_4:5\%\text{Eu}$ . Phổ kích thích gồm dải rộng ở vùng bước sóng ngắn (250-350 nm) và các vạch hẹp, sắc nét ở vùng bước sóng dài hơn (350-500 nm) (Thakur, 2015; Hien, 2018). Phần dải rộng chính là vùng truyền điện tích. Có hai dải rộng nằm trong vùng này. Dải rộng thứ nhất nằm ở quanh vùng 315 nm là vùng hấp thụ của nhóm vanadate. Dải rộng thứ hai nằm ở vùng quang 280 nm chính là vùng truyền điện tích Eu-O, electron chuyển từ orbital 2p của oxyen sang orbital 4f của Eu. Các vạch kích thích hẹp, sắc nét tương ứng với các chuyển dời f-f của ion  $\text{Eu}^{3+}$ . Cụ thể như sau: các vạch kích thích ở 364, 378, 394, 417 và 467 nm tương ứng với các chuyển dời  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_4$ ,  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{G}_4$ ,  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6$ ,  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_3$  và  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_2$  của ion  $\text{Eu}^{3+}$  (Zhiqiang, 2014; Minh, 2020; Vineet, 2014).



**Hình 5. Phổ kích thích huỳnh quang của vật liệu  $\text{GdVO}_4:5\%\text{Eu}^{3+}$**

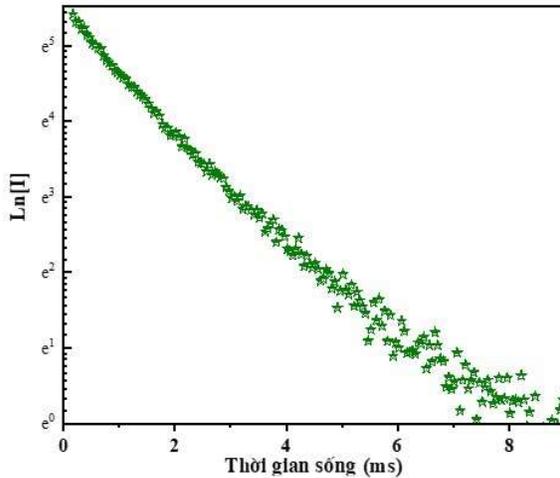
Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).

Dựa vào kết quả của phổ kích thích huỳnh quang, bước sóng kích thích được lựa chọn là 254 nm để khảo sát phổ huỳnh quang. Hình 6 là phổ huỳnh quang của vật liệu  $\text{GdVO}_4:5\%\text{Eu}^{3+}$ . Phổ huỳnh quang gồm các vạch hẹp tương ứng với các chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_J$  ( $J = 1 - 4$ ) của ion  $\text{Eu}^{3+}$ . Các đỉnh tiêu biểu là 594 nm ứng với chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_1$  ứng với phát xạ màu cam; phát xạ màu đỏ quanh 615 nm ứng với chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ ; 652 nm ứng với chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_3$ ; 702 nm ứng với chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_4$  (Minh, 2020; Hien, 2018). Về huỳnh quang của  $\text{Eu}^{3+}$ , chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_1$  là chuyển dời lưỡng cực từ được phép và cường độ của nó phụ thuộc vào môi trường xung quanh của ion  $\text{Eu}^{3+}$ ; chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$  là chuyển dời lưỡng cực điện được phép và cường độ của nó nhạy với cấu trúc định xứ của ion  $\text{Eu}^{3+}$ ; chuyển dời  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_0$  là chuyển dời bị cấm và được giải phóng một phần tùy theo đối xứng của tinh thể, chuyển dời này chỉ nhận được khi ion  $\text{Eu}^{3+}$  được đặt vào vị trí đối xứng thấp (Hien, 2018).



**Hình 6. Phổ huỳnh quang của vật liệu  $\text{GdVO}_4:5\%\text{Eu}^{3+}$**

Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).



**Hình 7. Thời gian sống huỳnh quang của vật liệu  $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$**

*Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).*

Hình 7 là các đường cong suy giảm huỳnh quang đối với các mẫu  $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$  ứng với chuyển dời  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ , bước sóng kích thích và phát xạ tương ứng là 254 nm và 620 nm. Có thể thấy rằng, thời gian phát xạ của ion  $Eu^{3+}$  được xác định phương trình (Minh, 2020):

$$I = A_1 \exp(-t/\tau_1) + A_2 \exp(-t/\tau_2)$$

Kết quả thời gian sống huỳnh quang trung bình của vật liệu  $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$  được xác định là 1,34 ms. Ngoài ra, tỷ số phân nhánh của một chuyển dời quang học là một yếu tố quan trọng khi đánh giá tiềm năng ứng dụng trong các thiết bị khuếch đại quang học hoặc laser. Khi tỷ số phân nhánh vượt quá 50% có nghĩa là chuyển dời đó chiếm ưu thế và có khả năng cao sẽ đóng góp đáng kể vào quá trình phát xạ hoặc khuếch đại ánh sáng. Cụ thể trong trường hợp này, kết quả phổ huỳnh quang (Hình 6) cho thấy tỷ số phân nhánh của phát xạ đỏ  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$  đạt đến 63,12%. Tỷ số phân nhánh cao này khẳng định rằng phát xạ đỏ là loại phát xạ chính trong quá trình này. Kết quả này cho thấy vật liệu có thể mang lại hiệu quả cao hơn cho các ứng

dụng như laser đỏ hoặc các bộ khuếch đại quang học hoạt động ở bước sóng tương ứng.

Mực in bảo mật chứa ion đất hiếm là một phần quan trọng trong công nghệ in ấn và an toàn bảo mật. Sản phẩm mực in của đề tài nghiên cứu bao gồm: vật liệu  $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$  chiếm tỉ lệ 1,5% khối lượng. Chất liên kết được sử dụng là PVA (polivinyl ancol) chiếm 85% về khối lượng. Dung môi phân tán là ethanol có phần trăm khối lượng là 13,5%. Bên cạnh đó, kỹ thuật in lụa được lựa chọn thử nghiệm vì đây kỹ thuật in phổ biến nhất trong in ấn thương mại vì có chất lượng hình ảnh cao, độ nét lớn. Dưới đây là hình ảnh của bước đầu thử nghiệm in bảo mật (Hình 8). Kết quả cho thấy, ở điều kiện thường mực không màu nhưng khi chiếu xạ bằng ánh sáng có bước sóng 254 nm từ đèn có bán trên thị trường, mực phát quang màu đỏ.



**Hình 8. Mẫu in thử mực huỳnh quang chế tạo từ vật liệu  $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$**

*Nguồn: Công bố của tác giả, (2024).*

#### 4. KẾT LUẬN

Vật liệu  $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$  đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp phản ứng nổ, sử dụng urea làm nhiên liệu, vật liệu có hình tựa cầu, kích thước khá đồng đều nằm trong khoảng 30-40 nm. Dưới bước sóng

kích thích 254 nm, vật liệu cho phát quang màu đỏ thuần ứng với chuyển dời  ${}^5D_0-{}^7F_2$  (615 nm). Thời gian sống huỳnh quang của vật liệu cũng tính toán được là 1,34 ms. Vật liệu được lựa chọn để chế tạo mực in bảo mật với thành phần gồm: bột nano phát quang  $GdVO_4:5\%Eu$ , chất liên kết PVA và dung môi phân tán ethanol. Mực in cho phát xạ đỏ rõ nét khi được kích thích bằng ánh sáng có bước sóng 254 nm.

### Tài liệu tham khảo

Hong Gu, Juan Wang, Zhentao Wang, (2019), "Preparation of novel mesoporous  $GdVO_4: Eu^{3+}$  crystals by CTAB-SDS micellar-assisted hydrothermal method in wide pH range", *Optical Materials*, 96, pp. 109254.

L. D. Thu, D. Q. Trung, T. D. Lam, T. X. Anh, (2016), "Fabrication of far red emission phosphors  $Y_3Al_5O_{12}:Eu$ (YAG:Eu) by co-precipitation method", *J.Electro.Mat.*, 45(5), pp. 2468 - 2471.

Lê Diệu Thư, Chu Đức Anh, Đỗ Quang Trung, Lê Thị Hạnh, Trần Đại Lâm, Trịnh Xuân Anh, (2015), "Tổng hợp bột huỳnh quang  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  phát xạ ánh sáng đỏ bằng phương pháp khuếch tán bề mặt", *Tạp chí Hóa học*, 53(4E2), tr. 184 - 188.

Ngo Khắc Khong Minh, Nguyen Vu (2020), "Preparation and optical properties of  $La_3PO_7:Eu^{3+}$  nanophosphors synthesized by combustion method", *Materials Transactions*, 61(8), pp. 1564-1568.

Ngo Khắc Khong Minh, Nguyen Vu (2020), "Effect of calcination temperature on optical properties of  $Gd_3PO_7:Eu^{3+}$  nanophosphors synthesised by the combustion method", *Int. J. Nanotechnol*, 17(7/8/9/10), pp. 623-634.

Nguyễn Vũ, Phạm Đức Roãn, (2015), "Tổng hợp vật liệu nano phát quang  $GdVO_4:Eu$  bằng phương pháp thủy nhiệt", *Tạp chí Hóa học*, 53(4E2), tr. 20-23.

Phạm Thị Liên, Lê Thị Thùy Linh, Bùi Kỳ Anh, Dương Thu Hà, Nguyễn ThanhHường, Vũ Xuân Nghĩa, Trần Kim Anh, Lê Quốc Minh, (2018), "Nghiên cứu chế tạo vậtliệu nano phát quang  $Gd_2O_3:Eu^{3+}$  liên hợp với kháng thể IgG nhằm ứng dụng phát hiện sớm carcinoembryonic antigen (CEA) bằng phương pháp xét nghiệm in vitro", *Tạp chí Hóa học*, 55(3e12), tr. 317-320.

Pham Thi Lien, Vu Duc Tu, Lai Ngoc Diep, Nguyen Thanh Huong, Hoang Thi Khuyen, Nguyen Thi Ngoc Anh, Vu Xuan Nghia, Tran Kim Anh, Robert Tomala, Le Quoc Minh, (2020), "Characterization of  $Gd_2O_3:Eu^{3+}$  nanocomplexes conjugate with IgG for the indentification of CEA tumor cell", *Materials Transactions*, 61(8), pp. 1575-1579.

Phan Văn Tường, (2007), *Các phương pháp tổng hợp vật liệu gốm*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

Thai Thi Dieu Hien, Nguyen Vu, (2018), "Effect of calcination temperature on phase evolution and photoluminescent properties of  $GdPO_4:Eu^{3+}$  nanoparticle phosphors synthesized by combustion method", *Vietnam J. Chem*, 56(6), pp. 793-797.

Thai Thi Dieu Hien, Pham Duc Roan, Nguyen Vu, (2019), "Combustion synthesis and Characterization of Eu -doped  $GdVO_4$  nanoparticle phosphors", *Proceedings of IWNA 2019*, pp. 419-423.

Thakur, S., A.K. Gathania, (2015), "Fluorescence Study of  $Eu-YVO_4$  Nano-

Phosphors as a Function of Calcination Temperature and Excitation Wavelengths”, *J Fluoresc*, 25, pp. 657-661.

Tran Kim Anh, Dinh Xuan Loc, Tran Thu Huong, Nguyen Vu and Le Quoc Minh, (2011), “Luminescent nanomaterials containing rare earth ions for security printing”, *Int. J. Nanotech*, 8(3/4/5), pp. 335-345.

Tran T.T.H., Nguyen T.K., Nguyen T.T.T., Ha P.T., Le T.P.Q., Do V.B., Dinh T.H.V., Trinh Q.H., Duong T.T. (2016), “Nanoparticles as a control for cyanobacterial bloom”, *J. Viet. Env.*, 8(3), pp. 161-166.

Trần Thị Thu Hương, Dương Thị Thủy (2017), “Sinh trưởng của chủng tảo lục

*Chlorella vulgaris* dưới tác động của vật liệu nano bạc”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 33(1), tr. 1-3.

Vineet Kumar, Sukhvir Singh, and Santa Chawla, (2014), “Doping Triple Lanthanum Ions in  $GdPO_4$  Nanocrystals Through Multiple Synthesis Routes and Their Dual Mode Spectrum Conversion Behaviour”, *Science of Advanced Materials*, 6, pp. 1-8.

Zhiqiang, Z., G. Li, and J. Peiyun, (2014), “Molten Salt Synthesis and Luminescent Properties of  $GdVO_4:Eu^{3+}$  Nanophosphors”, *Rare Metal Materials and Engineering*, 43(7), pp. 1588-1593.

## SYNTHESIS AND PROPERTY INVESTIGATION OF THE LUMINESCENT NANOMATERIAL $GdVO_4:5\%Eu^{3+}$ FOR SECURITY FLUORESCENT INK APPLICATIONS

### ABSTRACT

*The luminescent nanomaterial  $GdVO_4$  was synthesized via a combustion method. The structure and morphology of the synthesized material were studied using XRD, SEM, and EDX methods. The optical properties of the material were recorded by fluorescence spectroscopy and fluorescence lifetime measurement. Under excitation light with a wavelength of 254 nm, the fluorescence spectrum showed the characteristic transitions of  $Eu^{3+}$  ions  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_J$  ( $J = 1, 2, 3, 4$ ), in which the red emission corresponding to the transition  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$  at 615 nm was dominant. The fluorescence lifetime of the material was determined to be 1.34 ms. There was an initial successful signal when testing security ink with a composition of  $GdVO_4:5\%Eu$ , PVA, and ethanol. The security ink fluoresced red under excitation light with a wavelength of 254 nm.*

**Keywords:**  *$GdVO_4:Eu$ , luminescent materials, nano materials, security fluorescent ink*