

SỐ VỊ TRÍ TÂM Eu^{3+} VÀ QUÁ TRÌNH TRUYỀN NĂNG LƯỢNG GIỮA Eu^{3+} VÀ Tb^{3+} TRONG $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$

Hồ Văn Tuyên¹, Nguyễn Mạnh Sơn^{2*}

¹ Khoa Khoa học Tự nhiên, Đại học Duy Tân, Đà Nẵng

² Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học – Đại học Huế

* Email: manhsong03@yahoo.com

TÓM TẮT

Hệ vật liệu phát quang đơn thành phần $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ đồng pha tạp Tb^{3+} và Eu^{3+} được chế tạo bằng phương pháp nỏ dung dịch. Đặc trưng về cấu trúc và tính chất quang học của vật liệu chế tạo được khảo sát thông qua phổ kích thích phát quang, phổ phát quang cũng như giản đồ nhiễu xạ tia X. Các phân tích về phổ phát quang ở nhiệt độ thấp của ion Eu^{3+} và thời gian sống của bức xạ đã chỉ ra có hai vị trí tâm quang học Eu^{3+} khác nhau trong mạng nền. Quá trình truyền năng lượng từ Tb^{3+} sang Eu^{3+} cũng đã được quan sát thấy và cơ chế truyền năng lượng được xác định là tương tác lưỡng cực tứ cực.

Từ khóa: $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$, truyền năng lượng, Tb^{3+} - Eu^{3+} .

I. GIỚI THIỆU

Các nguyên tố đất hiếm (RE) pha tạp vào các vật liệu phát quang đã và đang đóng một vai trò quang trọng trong cuộc sống hiện đại, chúng được sử dụng trong các thiết bị hiển thị, công nghệ laser và thiết bị chiếu sáng [1, 2, 3]. Hầu hết các vật liệu nền phát quang được phát triển trên các hệ oxides, sunfides, fluoride và oxysulfides pha tạp kim loại chuyển tiếp hoặc RE^{3+} . Trong số các họ vật liệu sử dụng như mạng nền thì vật liệu borate có những lợi thế nhất định như nhiệt độ tổng hợp thấp, độ ổn định tốt và vật liệu ban đầu rẻ [4, 5]. Đóng vai trò là một thành phần quang trọng trong họ vật liệu borate, $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ đang nhận được sự quan tâm rất lớn từ các nhà nghiên cứu. Gần đây, các báo cáo về $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ chủ yếu tập trung nghiên cứu tính chất quang của vật liệu khi pha tạp ion Eu^{2+} cũng như nghiên cứu điều kiện công nghệ chế tạo [1, 6, 7]. Trong khi đó, $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ pha tạp ion Eu^{3+} hiện rất ít được quan tâm, các công bố về vật liệu này rất hạn chế. Bên cạnh đó, ta biết rằng ion Tb^{3+} và ion Eu^{3+} là hai nguyên tố quan trọng trong các vật liệu phát quang, chúng cung cấp bức xạ màu xanh và màu đỏ cần thiết cho các vật liệu phát quang. Việc đồng pha tạp hai ion này vào cùng mạng nền $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ có thể dẫn đến quá trình truyền năng lượng giữa chúng. Quá trình truyền năng lượng giữa các tâm quang học là chủ đề hấp dẫn cho các nghiên cứu bởi lẽ chúng đóng vai trò quang trọng trong việc phát triển các hệ vật liệu phát quang có hiệu suất tốt sử dụng cho công nghệ chiếu sáng. Do đó, trong phần trình bày

của báo cáo này, chúng tôi tìm hiểu đặc trưng quang học của ion Eu^{3+} và quá trình truyền năng lượng giữa ion Tb^{3+} sang ion Eu^{3+} trong mạng nền $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ được chế tạo bằng phương pháp nỏ.

II. THỰC NGHIỆM

Hệ mẫu $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$: Tb^{3+} , Eu^{3+} được tổng hợp bằng phản ứng nỏ ở nhiệt độ thấp. Các tiền chất gồm có $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (Merck), H_3BO_3 (AR), $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ (Sigma), Tb_2O_3 (Sigma) và urê $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$. Tb_2O_3 được nitrat hóa bằng axit nitric. Urê được sử dụng để cung cấp nhiên liệu cho phản ứng nỏ. Để phục vụ cho các phép đo nghiên cứu trong công trình này, chúng tôi đã chế tạo một mẫu $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ chỉ pha tạp Eu^{3+} , một mẫu chỉ pha tạp Tb^{3+} và một hệ thống mẫu đồng pha tạp Tb^{3+} 1mol% và Eu^{3+} thay đổi với $x = 0; 0,001; 0,002; 0,005; 0,008; 0,01$ như được cho trong bảng 1.

Hỗn hợp dung dịch chứa các tiền chất và urê sau khi được cân theo hợp phần được khuấy và gia nhiệt đồng thời bằng máy khuấy từ ở 70°C trong thời gian 2 giờ để tạo gel. Gel sau đó được đưa vào lò nung ở 590°C trong thời gian 5 phút để thực hiện quá trình phản ứng nỏ dung dịch của vật liệu. Sau đó, mẫu được lấy ra và để nguội, ta thu được dạng bột màu trắng.

Bảng 1. Hệ thống các mẫu sử dụng trong công trình

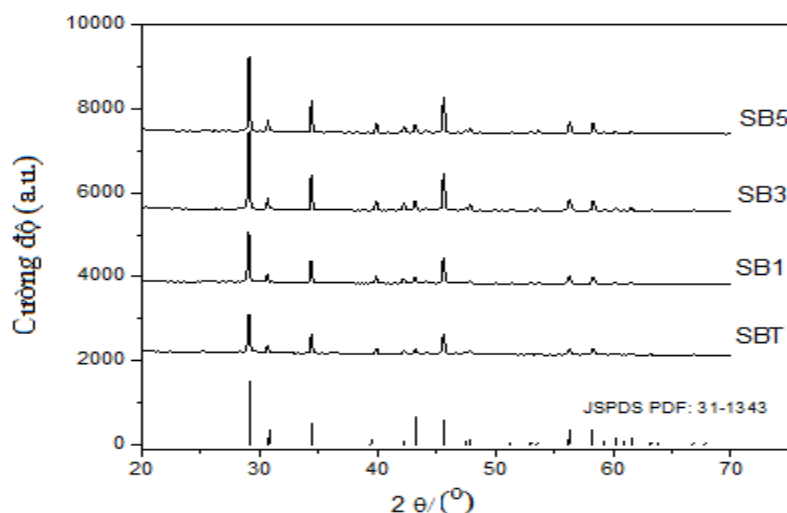
Samples	SBE	SBT	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5
Tb (mol%)	0	1	1	1	1	1	1
Eu (mol%)	1	0	0.1	0.2	0.5	0.8	1

Cấu trúc của vật liệu chế tạo được khảo sát bằng phép đo nhiễu xạ tia X trên hệ Bruker D8-Advance X-ray. Phổ phát quang và kích thích phát quang tại nhiệt độ phòng thực hiện trên hệ FL3-22 (Horiba-Jobin-Yvon) với nguồn kích thích dải rộng từ đèn Xenon 450 W. Phép đo phát quang ở nhiệt độ thấp được thực hiện bằng hệ đo Xplora 6 với nhiệt độ thấp nhất vào khoảng -196°C . Phép đo phổ để tính thời gian sống của mức $^5\text{D}_0$ của ion Eu^{3+} được thực hiện trên hệ đo Varian Cary Eclipse.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng cấu trúc của vật liệu $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$

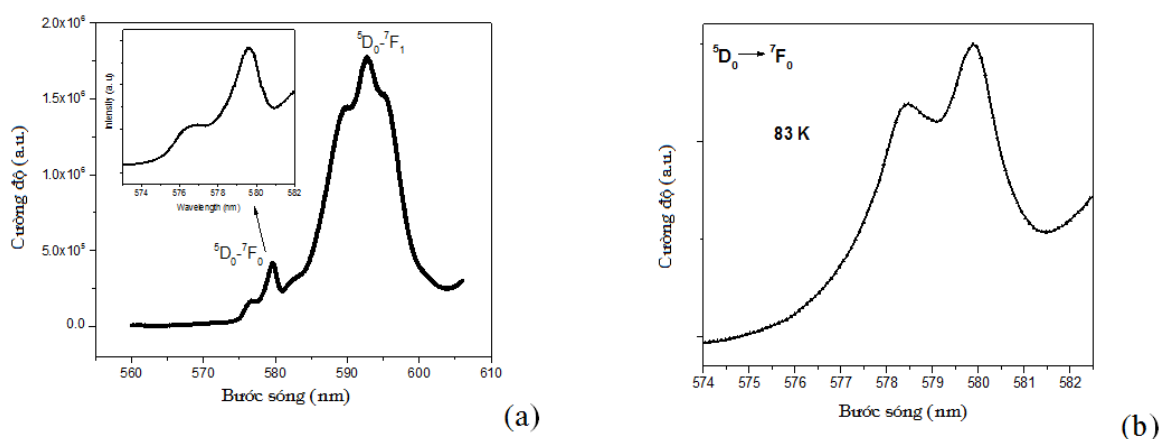
Giản đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu SBT, SB1, SB3 và SB5 được trình bày trên hình 1. Tất cả các đỉnh nhiễu xạ từ các giản đồ chỉ ra vật liệu đơn pha, có pha cấu trúc $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ (JCPDS PDF: 31-1343). Không quan sát thấy bất kỳ dấu hiệu dịch đỉnh nào trong các giản đồ XRD đã chỉ ra vật liệu đơn pha $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ có thể thu nhận bằng phương pháp nỏ dung dịch. Kết quả nhiễu xạ cũng đã chỉ ra rằng với các nồng độ pha tạp khác nhau không làm ảnh hưởng đến cấu trúc pha của vật liệu, điều này thể hiện qua việc không phát hiện được pha nào khác ngoài pha chính $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ trên giản đồ XRD. Cấu trúc $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ thuộc hệ rhombohedral với nhóm không gian R_{3c} [8] với các chiều của ô cơ sở $a = 9.04600 \text{ \AA}$, $b = 9.04600 \text{ \AA}$, $c = 12.56600 \text{ \AA}$.



Hình 1. Giản đồ nhiễu xạ tia X của SBT, SB1, SB3 và SB5

Trong mạng nền $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$, khi pha tạp Eu^{3+} sẽ thay vào vị trí của ion Sr^{2+} do sự tương tự về bán kính giữa chúng. Bán kính của Sr^{2+} và Eu^{3+} lần lượt là 131 nm và 109 nm. Phát quang của mẫu đơn pha tạp Eu^{3+} SBE bắt nguồn từ các chuyển dời lưỡng cực điện và lưỡng cực từ của ion Eu^{3+} trong trường tinh thể. Trong các chuyển dời của Eu^{3+} , thì đặc biệt có chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$, đây là chuyển dời với số lượng tử $J=0$, do đó năng lượng không bị suy biến do hiệu ứng Stark [9]. Nói cách khác, với một vị trí tâm quang học Eu^{3+} thì chỉ quan sát được một đỉnh thuộc về chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ [10]. Nếu có nhiều hơn một vị trí thay thế của ion Eu^{3+} trong mạng nền thì sẽ quan sát thấy nhiều hơn một đỉnh phát xạ thuộc về chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$. Do đó, phát quang của dải ${}^5D_0-{}^7F_0$ là một công cụ để khảo sát số vị trí thay thế của ion Eu^{3+} trong mạng nền.

Phổ phát quang của chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ và ${}^5D_0-{}^7F_1$ tại nhiệt độ phòng và tại nhiệt độ thấp 83 K được trình bày trên hình 2a và hình 2b tương ứng.



Hình 2. (a): Phổ phát quang ứng với chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_{0,1}$ của mẫu SBE đo tại nhiệt độ phòng, (b): Phổ phát quang ứng với chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ tại nhiệt độ thấp 83 K

Số vị trí tâm Eu^{3+} và quá trình truyền năng lượng giữa Eu^{3+} và Tb^{3+} trong $Sr_3B_2O_6$

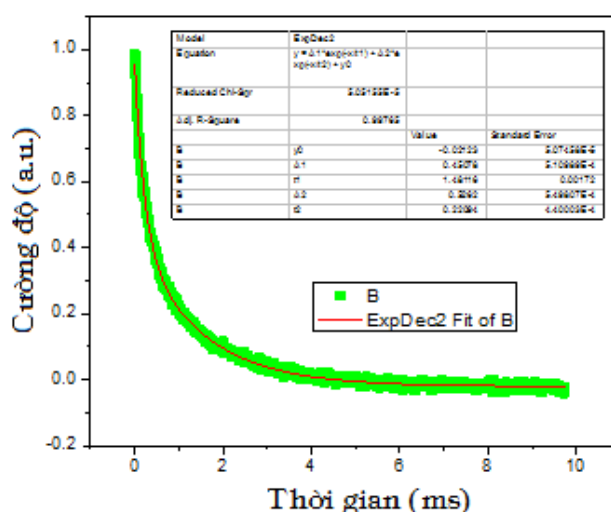
Kết quả đo phổ phát quang ở hình 2a chỉ ra rằng, chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ đem đến dải bức xạ có bước sóng từ 575 nm đến 581nm và chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_1$ tương ứng với dải bức xạ từ 585 nm đến 598 nm. Quan sát dải bức xạ từ 575 nm đến 581 nm của chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ đo tại nhiệt độ phòng ta thấy nó bị tách ra làm hai dải có bước sóng từ 575 nm đến 578 nm và từ 578 nm đến 581 nm, điều này dẫn đến khả năng tồn tại 2 vị trí thay thế của ion Eu^{3+} trong mạng nền $Sr_3B_2O_6$ [10, 11]. Để loại trừ khả năng đóng góp của phonon vào chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ chúng tôi đã tiến hành đo phổ phát quang tại nhiệt độ thấp 83K, kết quả chỉ ra trên hình 2b cũng cho thấy chuyển dời ${}^5D_0-{}^7F_0$ dẫn đến sự xuất hiện hai dải bức xạ. Như vậy, có thể nói rằng ion Eu^{3+} tồn tại tại hai vị trí khác nhau trong mạng nền, hình thành nên hai tâm quang học khác nhau.

Bên cạnh đó, hai vị trí tâm Eu^{3+} trong mạng nền cũng được nhận thấy qua phép phân tích đường cong suy giảm cường độ huỳnh quang theo thời gian. Kết quả phép đo suy giảm cường độ huỳnh quang theo thời gian của mẫu SBE ứng với bước sóng 612 nm được trình bày ở hình 3. Đường cong được làm khít với hàm exponential kép được cho bởi công thức (1) [12, 13].

$$I = A_1.e^{(-t/\tau_1)} + A_2.e^{(-t/\tau_2)} \quad (1)$$

ở đây, I là cường độ huỳnh quang, A_1 và A_2 là hằng số, t là thời gian và τ_1, τ_2 là 2 thời gian sống. Với hai kết quả thời gian sống τ_1 và τ_2 tính ra từ quá trình làm khít cho thấy trong vật liệu có hai tâm phát quang Eu^{3+} [14, 15]. Từ kết quả làm khít, thời gian sống trung bình của bức xạ được tính theo phương trình dưới đây [12, 13]. Cụ thể, thời gian sống trung bình của bức xạ ion Eu^{3+} trong mẫu SBE tính được là 1,294ms.

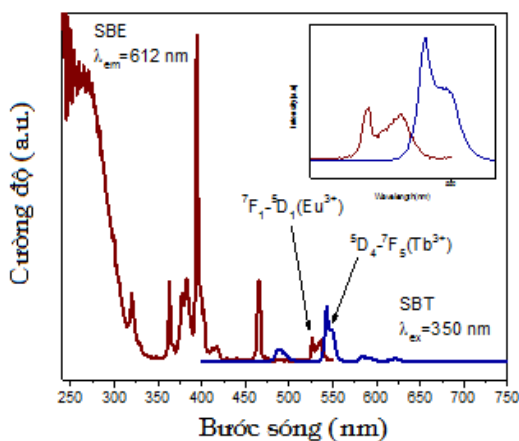
$$\tau^* = \frac{A_1\tau_1^2 + A_2\tau_2^2}{A_1\tau_1 + A_2\tau_2} \quad (2)$$



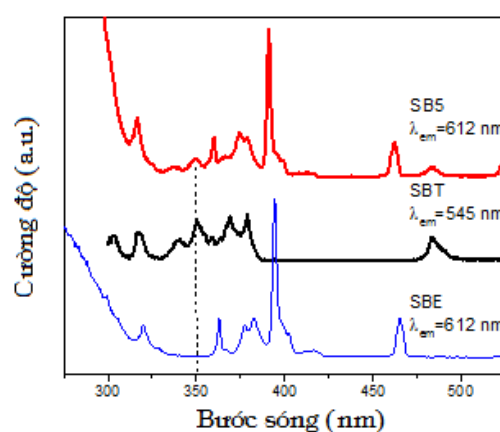
Hình 3. Đường cong suy giảm cường độ huỳnh quang của Eu^{3+} trong mẫu SBE thu tại bước sóng 612 nm

3.2. Đặc trưng quang học và quá trình truyền năng lượng trong vật liệu $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6: \text{Tb}^{3+}, \text{Eu}^{3+}$

Hình 4 trình bày kết quả đo phổ phát quang (PL) của mẫu đơn pha tạp Tb^{3+} (mẫu SBT) kích thích bằng bức xạ có bước sóng 350 nm và phổ kích thích phát quang (PLE) của mẫu đơn pha tạp Eu^{3+} (mẫu SBE) thu tại bức xạ 612 nm. Kết quả cho thấy có sự chồng phủ giữa hai phổ, điều này dẫn đến khả năng có thể xảy ra quá trình truyền năng lượng từ Tb^{3+} sang Eu^{3+} khi mà chúng được đồng pha tạp trong cùng mạng nền $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$.



Hình 4. Phổ PL của mẫu SBT và phổ PLE của mẫu SBE

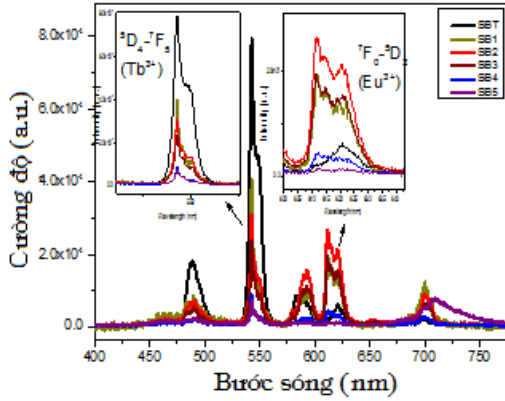


Hình 5. So sánh phổ PLE của mẫu SBE thu tại 612 nm, SBT thu tại 545 nm và SB5 thu tại 612 nm

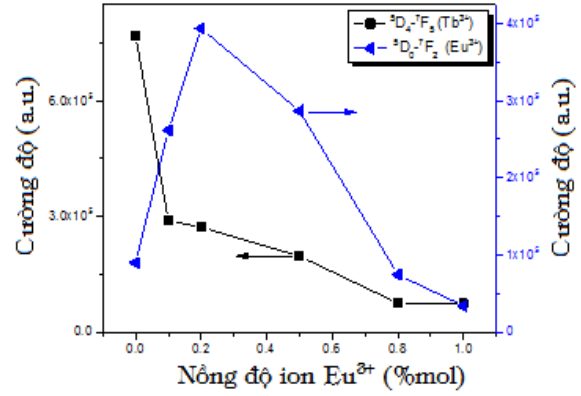
Để đánh giá quá trình truyền năng lượng giữa Tb^{3+} và Eu^{3+} , chúng ta sẽ so sánh ba phổ kích thích của ba mẫu SBE (đơn pha tạp Eu^{3+}), SBT (đơn pha tạp Tb^{3+}) và SB5 (mẫu đồng pha tạp Eu^{3+} và Tb^{3+}) như được trình bày trong hình 5. Quan sát phổ PLE của mẫu đơn pha tạp Eu^{3+} (SBE) thu tại 612 nm ta thấy không xuất hiện đỉnh kích thích ở 350 nm. Trong khi đó, phổ PLE của mẫu đơn pha tạp Tb^{3+} (SBT) thu tại 545 nm xuất hiện đỉnh kích thích ở 350 nm. Bây giờ ta quan sát phổ PLE của mẫu đồng pha tạp cả Eu^{3+} và Tb^{3+} (mẫu SBE) thu tại bước sóng 612 nm (của Eu^{3+}) ta lại thấy xuất hiện vạch kích thích 350 nm của Tb^{3+} . Như vậy có thể nói rằng, có sự truyền năng lượng từ Tb^{3+} sang Eu^{3+} .

Phổ phát quang của các mẫu đồng pha tạp $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6: 0.01\text{Tb}^{3+}, x.\text{Eu}^{3+}$ với các nồng độ Eu^{3+} khác nhau, kích thích bởi bức xạ có bước sóng 350 nm, được trình bày trên hình 6. Phổ phát quang ghi nhận dải bức xạ màu xanh đặc trưng của Tb^{3+} và vùng bức xạ đỏ của Eu^{3+} . Cường độ của chuyển dời ${}^5\text{D}_4-{}^7\text{F}_5$ (545 nm) của Tb^{3+} giảm xuống khi mà nồng độ Eu^{3+} tăng lên. Trong khi đó, cường độ của chuyển dời ${}^5\text{D}_0-{}^7\text{F}_2$ của ion Eu^{3+} ban lúc đầu tăng lên sau đó giảm xuống khi tăng nồng độ Eu^{3+} . Sự thay đổi cụ thể của hai bức xạ ứng với chuyển dời ${}^5\text{D}_4-{}^7\text{F}_5$ của Tb^{3+} và ${}^5\text{D}_0-{}^7\text{F}_2$ của Eu^{3+} được trình bày trên hình 7.

Số vị trí tâm Eu^{3+} và quá trình truyền năng lượng giữa Eu^{3+} và Tb^{3+} trong $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$



Hình 6. Phổ PL của $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:0.01\text{Tb}^{3+}, x\text{Eu}^{3+}$



Hình 7. Sự phụ thuộc của cường độ của $^5\text{D}_4-^7\text{F}_5$ of Tb^{3+} và $^5\text{D}_0-^7\text{F}_2$ của Eu^{3+} theo nồng độ Eu^{3+} pha tạp

Sự suy giảm cường độ của Tb^{3+} khi nồng độ của nó được cố định là do quá trình truyền năng lượng từ ion Tb^{3+} sang Eu^{3+} [16]. Trong khi đó, sự suy giảm cường độ phát quang của ion Eu^{3+} khi nồng độ nó vượt quá 0,2 mol% là do quá trình dập tắt nồng độ.

Thông thường, cơ chế của quá trình truyền năng lượng từ tâm tăng nhạy sang tâm kích hoạt (Tb^{3+} truyền sang Eu^{3+}) trong vật liệu phát quang diễn ra thông qua quá trình tương tác đa cực điện hoặc tương tác trao đổi. Để xác định được cơ chế nào dẫn đến quá trình truyền năng lượng trong $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ thì việc tính bán kính tới hạn R_c giữa tâm tăng nhạy và tâm kích hoạt là cần thiết. Với sự gia tăng nồng độ pha tạp, khi đó khoảng cách giữa Tb^{3+} và Eu^{3+} sẽ ngắn đi, và khi đủ ngắn thì quá trình truyền năng lượng xảy ra. Khoảng cách tới hạn R_c được tính bằng biểu thức sau đây theo như đề xuất của Blasse [16, 17].

$$R_c \approx 2 \cdot \left(\frac{3V}{4\pi x_c N} \right)^{1/3} \quad (3)$$

Ở đây, x_c là nồng độ tới hạn, N là số cation trong một ô cơ sở và V là thể tích của ô cơ sở. Đối với $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$, $V = 890.51 \text{ \AA}^3$, $N = 18$ [6], và $x_c = 0.012$. Từ đây tính được giá trị R_c vào khoảng 19.9 Å. Kết quả này của khoảng cách tới hạn cho thấy tương tác trao đổi không thể là cơ chế cho quá trình truyền năng lượng trong vật liệu $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6: \text{Tb}^{3+}, \text{Eu}^{3+}$ vì theo lý thuyết, tương tác trao đổi chỉ diễn ra với khoảng cách bé hơn 5 Å. Do vậy, quá trình truyền năng lượng giữa Tb^{3+} và Eu^{3+} phải là tương tác đa cực điện.

Dựa trên lý thuyết của Dexter, mối liên hệ giữa hiệu suất và nồng độ pha tạp được cho bởi phương trình theo sau [16]:

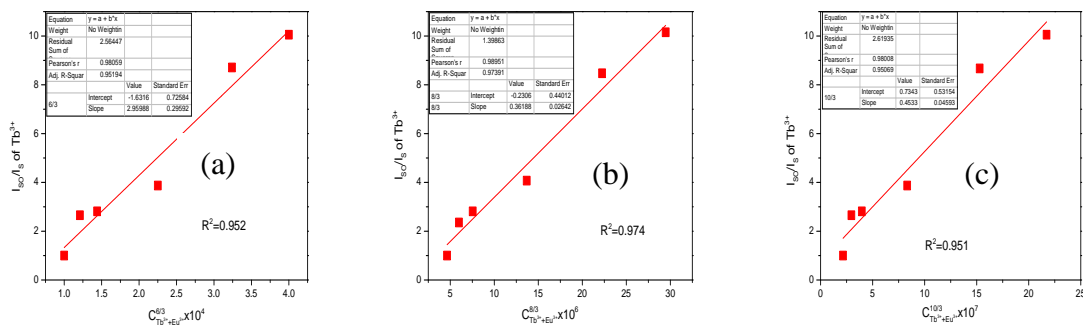
$$\frac{\eta_0}{\eta_s} \propto C_{\text{Tb}^{3+} + \text{Eu}^{3+}}^{n/3} \quad (4)$$

ở đây η_0 và η_s là hiệu suất lượng tử huỳnh quang của Tb^{3+} trong trường hợp không có và có mặt Eu^{3+} . $C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{n/3}$ là tổng nồng độ của Tb^{3+} và Eu^{3+} . Tỉ số hiệu suất huỳnh quang có thể tính thông qua tỉ số cường độ huỳnh quang (I_{s0}/I_s) như ở biểu thức theo sau [16, 18]:

$$\frac{I_{s0}}{I_s} \propto C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{n/3} \tag{5}$$

Mối quan hệ giữa $\frac{I_{s0}}{I_s} \propto C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{n/3}$ tương ứng với $n = 6, 8$ và 10 sẽ ứng với các tương tác lưỡng cực - lưỡng cực (d - d), lưỡng cực - tứ cực (d - q) và tứ cực - tứ cực (q - q). Mối liên hệ giữa (I_{s0}/I_s) và $C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{n/3}$ được biểu diễn trên hình 8.

Từ hình 8 ta thấy mối quan hệ (I_{s0}/I_s) và $C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{n/3}$ tuyến tính tốt nhất ứng với $n=8$, điều này cho thấy tương tác lưỡng cực - tứ cực là đóng vai trò chủ yếu trong quá trình truyền năng lượng giữa Tb^{3+} và Eu^{3+} trong mạng nền $Sr_3B_2O_6$.



Hình 8. Sự phụ thuộc của (I_{s0}/I_s) của Tb^{3+} vào (a) $C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{6/3}$, (b) $C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{8/3}$, (c) $C_{Tb^{3+}+Eu^{3+}}^{10/3}$

IV. KẾT LUẬN

Vật liệu $Sr_3B_2O_6: 0.01Tb^{3+}, xEu^{3+}$ đã được chế tạo thành công bằng phương pháp nổ dung dịch. Kết quả nhiễu xạ tia X chỉ ra vật liệu đơn pha, có pha cấu trúc $Sr_3B_2O_6$ thuộc hệ rhombohedral và các nồng độ pha tạp không ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu. Các nghiên cứu về phổ phát quang của chuyển dời $^5D_0-^7F_0$ ở nhiệt độ phòng cũng như ở nhiệt độ thấp 83K đã chỉ ra có hai vị trí ion Eu^{3+} trong mạng nền. Khi đồng pha tạp Tb^{3+} và Eu^{3+} đã xuất hiện quá trình truyền năng lượng từ Tb^{3+} sang Eu^{3+} bằng cơ chế tương tác lưỡng cực - tứ cực điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. T. Ho Van, S. Nguyen Manh, Q. Vu Xuan, S. Bounyavong, *Luminescence*, Vol. 31 (2015), pp. 1103 -1108.
- [2]. P. Van Do, V.P. Tuyen, V.X. Quang, N.T. Thanh, V.T.T. Ha, H. Van Tuyen, N. M. Khaidukov, J. Marcuzzó, Y.-I. Lee, B. T. Huy, *Optical Materials*, Vol. 35 (2013), pp. 1636 - 1641.
- [3]. S. Liu, G. Zhao, H. Ying, J. Wang, G. Han, *Optical Materials*, Vol. 31 (2008), pp. 47 - 50.
- [4]. S. Ekambaram, K.C. Patil, M. Maaza, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 393 (2005), pp. 81 - 92.
- [5]. Z.C. Wu, J.X. Shi, J. Wang, H. Wu, Q. Su, M.L. Gong, *Materials Letters*, Vol. 60 (2006), pp. 3499 - 3501.
- [6]. C. K. Chang, T. M. Chen, *Applied Physics Letters*, Vol. 91 (2007), pp. 081902.
- [7]. Y. Xue, X. Xu, L. Hu, Y. Fan, X. Li, J. Li, Z. Mo, C. Tang, *Journal of Luminescence*, Vol. 131 (2011), pp. 2016 - 2020.
- [8]. L. Fan, X. Zhao, S. Zhang, Y. Ding, Z. Li, Z. Zou, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 579 (2013), pp. 432 - 437.
- [9]. K. Binnemans, *Coordination Chemistry Reviews*, Vol. 295 (2015), pp. 1 - 45.
- [10]. M. Buijs, G. Blasse, *Journal of Solid State Chemistry*, Vol. 71 (1987), pp. 296 - 304.
- [11]. J. Huang, L. Zhou, Z. Wang, Y. Lan, Z. Tong, F. Gong, J. Sun, L. Li, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 487 (2009), pp. L5 - L7.
- [12]. C.-H. Huang, P.-J. Wu, J.-F. Lee, T.-M. Chen, *Journal of Materials Chemistry*, Vol. 21 (2011), pp. 10489.
- [13]. A. Kirakosyan, A. Mnoyan, S. H. Cheong, G. Y. Lee, D. Young Jeon, *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, Vol. 2 (2012), pp. R5 - R8.
- [14]. S. Mahlik, B. Kuklinski, M. Grinberg, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 117 (2010), pp. 117-121.
- [15]. X. Zhang, X. Jia, H. Liu, Z. Lu, X. Ma, F. Meng, J. Zhao, C. Tang, *RSC Adv.*, Vol. 5 (2015), pp. 40864 - 40871.
- [16]. Z. Xia, R. S. Liu, *The Journal of Physical Chemistry C*, Vol. 116 (2012), pp. 15604 - 15609.
- [17]. P. L. Li, Y. S. Wang, S. L. Zhao, F. J. Zhang, Z. Xu, *Chinese Physics B*, Vol. 21 (2012), pp. 127804.
- [18]. W. C. Ke, C. C. Lin, R. S. Liu, M. C. Kuo, *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. 157 (2010), pp. J307.

**POSITIONS OF Eu^{3+} ION AND ENERGY TRANSFER
BETWEEN Eu^{3+} AND Tb^{3+} IONS IN THE $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ PHOSPHOR**

Ho Van Tuyen¹, Nguyen Manh Son^{2*}

¹Department of Natural Sciences, Da Nang University

²Department of Physics, Hue University College of Sciences

* Email: manhson03@yahoo.com

ABSTRACT

Tb^{3+} and Eu^{3+} ions codoped $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$ phosphors were prepared by the combustion method. Crystalline structure and spectroscopic properties of the phosphors were studied by X-ray diffraction diagram and photoluminescent spectra. The results of the luminescent spectra at low temperature and the lifetime of Eu^{3+} ions showed that Eu^{3+} ions located different two positions in the lattice. The process of energy transfer was observed from Tb^{3+} ion to Eu^{3+} ion and the energy transfer mechanism was explained by dipole-quadrupole interaction.

Keywords: Energy transfer, $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$, Tb^{3+} - Eu^{3+} .