



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0051835

(51)^{2020.01} H01L 33/50; C09K 11/77

(13) B

(21) 1-2020-07075

(22) 15/05/2019

(86) PCT/US2019/032415 15/05/2019

(87) WO/2019/222347 21/11/2019

(30) 62/673,044 17/05/2018 US; 15/990,378 25/05/2018 US

(45) 25/09/2025 450

(43) 26/04/2021 397A

(73) Current Lighting Solutions, LLC (US)

1975 Noble Rd., Building 338, Nela Park, East Cleveland, Ohio 44112, United States of America

(72) Robert NORDSELL (US); Evan THOMAS (US); Yong Bok GO (US); Kristen BAROUDI (US); Jonathan MELMAN (US); Yuming XIE (US).

(74) Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW)

(54) THIẾT BỊ PHÁT SÁNG

(21) 1-2020-07075

(57) Sáng chế đề cập đến phospho phát xạ màu xanh lục có công thức thực nghiệm $RE_{1-w}A_wM_xE_y$, trong đó RE là một hoặc nhiều nguyên tố đất hiếm (ví dụ, Eu hoặc Gd), A có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm Mg, Ca, Sr, hoặc Ba, M có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm Al, Ga, B, In, Sc, Lu hoặc Y, E có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm S, Se, O, hoặc Te, w lớn hơn hoặc bằng không, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,01, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,05, và nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,8, $2 \leq x \leq 4$, và $4 \leq y \leq 7$.

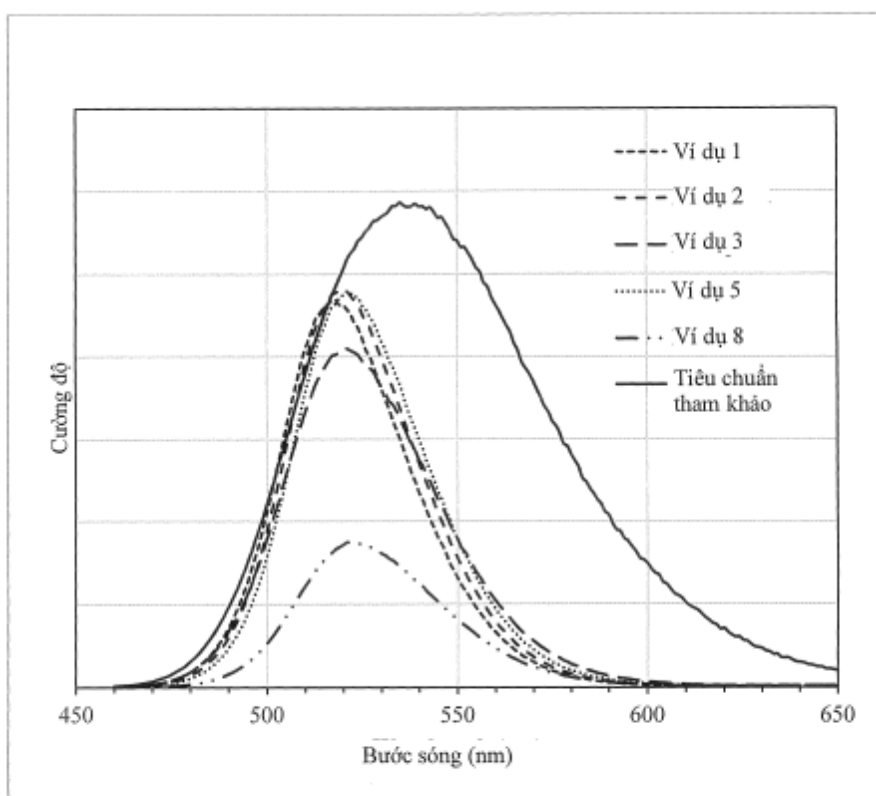


Fig. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phospho có phát xạ xanh lục hẹp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phospho thiogallat kiềm thổ và phospho thioaluminat kiềm thổ được hoạt hóa bằng europi đã được biết đến trong cả hệ thống điện phát quang và hệ thống LED chuyển đổi phospho. Các vật liệu này có thể dễ dàng hấp thụ phát xạ từ nguồn phát ánh sáng xanh lam, tím hoặc cận UV chẳng hạn điốt phát quang InGaN thông thường. Các vật liệu phospho xanh lục này thường có thể sử dụng độc lập để tạo ra ánh sáng xanh lục, hoặc chúng có thể kết hợp với vật liệu phospho khác để tạo ra ánh sáng trắng hoặc ánh sáng màu khác. Tương tự, các vật liệu phospho xanh lục này có thể kết hợp, ví dụ, với LED màu xanh lam hoặc LED khác và phospho đỏ để tạo thành bộ phận chiếu sáng phong dùng trong màn hình hiển thị, chẳng hạn, điện thoại di động, máy tính bảng, laptop, thiết bị phát hiện, hoặc tivi.

Trong chiếu sáng nói chung, người ta thường muốn có phổ phát xạ rộng để cải thiện chỉ hoàn màu (R_a) hoặc chuẩn đo chất lượng ánh sáng khác, chẳng hạn CQS hoặc TM-30-15. Tuy nhiên, đôi khi trong chiếu sáng người lại muốn tạo ra thêm ánh sáng trong vùng bước sóng nhất định để làm nổi bật tính năng nhất định; ví dụ, các tủ trưng bày thịt bò ở cửa hàng tạp hóa có thể có thêm ánh sáng trong vùng quang phổ màu đỏ, tương tự, rau bina hoặc ớt xanh có thể trông đẹp mắt hơn khi chiếu sáng tạo ra thêm ánh sáng ở các bước sóng xanh lục nhất định.

Trong việc chiếu sáng phong màn hình, mong muốn có bước sóng phát xạ hẹp sao cho màu sắc (a) xuất hiện đậm hơn và mở rộng đỉnh xanh lục của gam màu, và (b) chịu ít thất thoát hơn khi đi qua bộ lọc xanh lục của hệ thống lọc LED thông thường, bởi vì phần lớn cường độ của nó được căn chỉnh tốt với hệ số truyền cao nhất của bộ lọc.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phospho theo sáng chế giải quyết thách thức trong việc giúp làm đậm các vùng xanh lục nhất định của phổ phát xạ dùng trong các ứng dụng phát sáng và cải thiện điểm gam màu xanh lục của bộ phận chiếu sáng phong màn hình bằng cách tạo ra chế phẩm phospho có phổ phát xạ xanh lục hẹp.

Theo một khía cạnh của sáng chế, phospho phát xạ xanh lục có công thức thực

nghiệm $RE_{1-w}A_wM_xE_y$, trong đó RE có thể là một hoặc nhiều nguyên tố đất hiếm (ví dụ, Eu hoặc Gd), A có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm Mg, Ca, Sr, hoặc Ba, M có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm Al, Ga, B, In, Sc, Lu hoặc Y, E có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm S, Se, O, hoặc Te, w lớn hơn hoặc bằng không, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,01, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,05, w nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,8, $2 \leq x \leq 4$, và $4 \leq y \leq 7$. Theo một vài biến thể, w lớn hơn hoặc bằng 0,30 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,66.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, LED chuyển đổi phospho chứa phospho phát xạ màu xanh lục.

Các phương án, đặc tính và ưu điểm này và các phương án, đặc tính và ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật khi tiến hành tham khảo phần mô tả chi tiết hơn sau đây của sáng chế cùng với các hình vẽ đính kèm trước tiên được mô tả vắn tắt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 trình bày phổ phát xạ của phospho trong ví dụ 1, 2, 3, 5 và 8 và của tiêu chuẩn tham khảo nội bộ.

Fig. 2 trình bày phổ kích thích của phospho trong ví dụ 1, 2, 3, 5 và 8.

Fig. 3 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 22-28 và cho tiêu chuẩn tham khảo nội bộ.

Fig. 4 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 29-37.

Fig. 5 trình bày phổ kích thích trong ví dụ 29-36.

Fig. 6A và Fig. 6B lần lượt trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia x cho ví dụ 29-32 và ví dụ 33-36.

Fig. 7 trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 47 sau khi nung lần thứ hai và thứ ba.

Fig. 8 trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 51 sau khi nung lần thứ hai và thứ ba.

Fig. 9 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ hai.

Fig. 10 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ hai.

Fig. 11 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ ba.

Fig. 12 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ ba.

Fig. 13 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 52 và 53.

Fig. 14 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 54 đến 57.

Fig. 15 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 59.

Fig. 16 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 54 đến 57.

Fig. 17 trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 54 đến 57.

Fig. 18 trình bày phổ phát xạ cho LED chuyển đổi phospho 1 lấy làm ví dụ.

Fig. 19 trình bày phổ phát xạ cho LED chuyển đổi phospho 2 lấy làm ví dụ.

Fig. 20 trình bày phổ phát xạ cho LED chuyển đổi phospho 3 lấy làm ví dụ.

Fig. 21 trình bày phổ phát xạ cho LED chuyển đổi phospho 4 lấy làm ví dụ.

Fig. 22 trình bày phổ phát xạ cho LED chuyển đổi phospho 5 lấy làm ví dụ.

Fig. 23 trình bày phổ phát xạ cho LED chuyển đổi phospho 6 lấy làm ví dụ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mô tả chi tiết sau đây sẽ được đọc cùng với việc tham chiếu đến các hình vẽ, mô tả các phương án chọn lọc và không được dự tính làm giới hạn phạm vi của sáng chế. Mô tả chi tiết minh họa bằng cách lấy ví dụ, không phải bằng cách giới hạn, nguyên lý của sáng chế. Mô tả sáng chế này sẽ cho phép người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật thực hiện và sử dụng sáng chế, và mô tả một vài phương án, sửa đổi, biến thể, thay thế và sử dụng sáng chế bao gồm cái mà hiện nay được tin tưởng là cách thức tốt nhất để thực hiện sáng chế. Khi được dùng trong bản mô tả và các yêu cầu bảo hộ đính kèm, các dạng số ít gồm có cả số nhiều trừ khi ngữ cảnh chỉ ra rõ ràng là khác.

Phospho trong sáng chế phát ra ánh sáng xanh lục trên dải bước sóng phát xạ tương đối hẹp để đáp ứng lại kích thích với, ví dụ, ánh sáng cực tím, ánh sáng tím, ánh sáng xanh lam hoặc ánh sáng xanh lục có bước sóng ngắn. Phát xạ hẹp của chúng có thể xuất hiện đậm hơn và mở rộng đỉnh xanh lục của gam màu so với phospho xanh lục có trên thị trường.

Phospho theo sáng chế có công thức thực nghiệm $RE_{1-w}A_wM_xE_y$, trong đó RE có thể là một hoặc nhiều nguyên tố đất hiếm (ví dụ, Eu hoặc Gd), A có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm Mg, Ca, Sr, hoặc Ba, M có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm Al, Ga, B, In, Sc, Lu hoặc Y, E có thể là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm S, Se, O, hoặc Te, w lớn hơn hoặc bằng không, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,01, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,05, và nhỏ hơn hoặc bằng 0,8, $2 \leq x \leq 4$, và $4 \leq y \leq 7$. Một vài sửa đổi thành phần nhỏ cũng có thể xảy ra từ việc sử dụng

chất xúc tiến phản ứng bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở EuF_3 , AlCl_3 hoặc I_2 . Phospho có thể có cấu trúc tinh thể giả hệ thoi cơ bản giống với EuGa_2S_4 . Phospho có thể chứa hỗn hợp của pha tinh thể giả hệ thoi này và một hoặc nhiều tinh thể chalcogenit nhị phân chẳng hạn pha tinh thể M_2E_3 (ví dụ, Ga_2S_3) hoặc pha tinh thể ME (ví dụ, GaS).

Phospho theo sáng chế cải tiến hơn so với phospho thiogallat kiềm thổ đã biết bằng cách tạo ra phổ phát xạ hẹp hơn so với phổ phát xạ được tạo ra bằng phospho thiogallat trong lĩnh vực kỹ thuật. Phospho theo sáng chế có độ chói cải thiện so với chế phẩm EuM_2E_4 , chẳng hạn, ví dụ, EuAl_2S_4 , EuAl_2Se_4 , và EuGa_2S_4 được mô tả bởi Thi et al. *Materials Science & Engineering B14* (1992), No 4, pp. 393-397, Donohue US Patent 3,801,702 (được cấp ngày 2 tháng 4 năm 1974), và Donohue and Hanlon, *Journal of the Electrochemical Society: Solid-State Science and Technology* (1974), Vol. 121, No. 1, pp. 137-142. Phospho theo sáng chế không có vẻ như cho thấy giảm đáng kể, rất ít, hiệu quả phát quang ngay cả khi phần trăm europi vượt xa phạm vi được van Haecke ghi nhận là giá trị tối đa, và có thể bao gồm nguyên tố đất hiếm (ví dụ, europi) tại nồng độ vượt quá phạm vi được coi là bình thường.

Phospho theo sáng chế có thể ít hút ẩm và do đó ổn định hơn trong không khí so với phospho thiogallat và phospho liên quan trong lĩnh vực kỹ thuật trước đó.

Phospho theo sáng chế được điều chỉnh thông qua dải bước sóng dựa trên yêu cầu ứng dụng bằng cách thay đổi thành phần A, M và E trong chế phẩm.

Một số các xúc tiến phản ứng/chất gây chảy đã được nghiên cứu, chẳng hạn như ví dụ, I_2 , AlF_3 , AlCl_3 , AlBr_3 , GaCl_3 , GaBr_3 , BaF_2 , LiCl , CsCl , EuF_3 , EuCl_3 , EuI_2 , và Na_2S . Việc sử dụng chất xúc tiến cùng với các cation khác ngoài các cation có trong sản phẩm đích cuối cùng, trong một vài trường hợp có thể dẫn đến hình thành các pha thay thế, có thể không đáp ứng các đặc tính mong muốn của sáng chế.

Phospho theo sáng chế có thể được phủ để cải thiện độ an toàn hoặc khả năng xử lý của vật liệu.

Phospho theo sáng chế có thể tùy ý kết hợp với nguồn kích thích theo bất kỳ cách thông dụng nào. Một trong số các phương pháp phổ biến hơn là kết hợp phospho, chẳng hạn phospho xanh lục được mô tả ở đây, với phospho đỏ và tùy ý phospho vàng và/hoặc phospho xanh lam. Phospho có thể kết hợp với nhau và sau đó bổ sung thêm chất bao chẳng hạn như silicon, epoxy, hoặc polyme khác, hoặc phospho có thể được

kết hợp trong quá trình thêm chất bao. Chất bao được nạp phospho sau đó được đặt vào đường dẫn quang học của nguồn kích thích. Một phương pháp phổ biến là lắng đọng huyền phù đặc của phospho hoặc các phospho vào trong bao gói LED (điốt phát quang) mà có chứa khuôn dập LED. Huyền phù đặc sau đó được đóng rắn tạo thành bao gói LED được bao vỏ. Phương pháp khác bao gồm tạo hình chất bao thành hình dạng hoặc phủ chất bao lên trên chất nền mà đã có hình dạng cụ thể rồi, hoặc sau đó có thể tạo hình thành hình dạng cụ thể. Ngoài ra, chất bao chứa phospho có thể được đặt trên hoặc gần (ví dụ, phủ lên trên) vùng khớp nối trong của thanh dẫn sáng, hoặc trên vùng khớp nối ngoài của thanh dẫn sáng, chẳng hạn thanh dẫn sáng dự tính dùng trong màn hình hiển thị. Ngoài ra, chế phẩm phospho có thể được lắng đọng dưới dạng màng mỏng trên khuôn dập LED hoặc trên chất nền khác và sau đó tùy ý được nối với nguồn sáng. Việc kết hợp của nguồn kích thích và phospho theo sáng chế có thể được sử dụng trong chiếu sáng nói chung, ứng dụng chiếu sáng học tường, chiếu sáng phòng màn hình hiển thị, hoặc ứng dụng chiếu sáng khác.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Chủ đơn đã chuẩn bị và mô tả đặc điểm một vài mẫu phospho minh họa có công thức thực nghiệm $RE_{1-w}A_wM_xE_y$ được mô tả ở trên. Việc chuẩn bị và mô tả đặc điểm của các ví dụ này được mô tả bên dưới và được tóm tắt trong bảng bên dưới. Trong một vài ví dụ, một hoặc nhiều pha tinh thể được quan sát bằng nhiễu xạ bột tia X được báo cáo bên cạnh công thức thực nghiệm. Đo phổ phát xạ sử dụng máy quang phổ Fluorolog-3 cùng với đèn xenon hoặc máy quang phổ Ocean Optics được sử dụng kết hợp với nguồn kích thích LED xanh lam hoặc tím bên ngoài. Đo phổ kích thích sử dụng máy quang phổ Fluorolog-3 cùng với đèn xenon. Đo phổ nhiễu xạ bột tia X sử dụng Rigaku MiniFlex600.

Ví dụ phospho $Eu_{1-w}Ca_wM_xS_y$

Ví dụ 1. $Eu_{0,80}Ca_{0,20}Al_{3,45}Ga_{0,63}S_{7,11}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,80}Ca_{0,20}Al_{1,69}Ga_{0,31}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 300 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 40 mg bột Al, 15 mg CaS, và 75 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $950^\circ C$

trong 1 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 2. $Eu_{0,66}Ca_{0,34}Al_{2,86}Ga_{0,56}S_{6,13}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,66}Ca_{0,34}Al_{1,67}Ga_{0,33}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 300 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 40 mg bột Al, 30 mg CaS, và 80 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $950^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 3. $Eu_{0,59}Ca_{0,41}Al_{2,71}Ga_{0,72}S_{6,13}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,59}Ca_{0,41}Al_{1,58}Ga_{0,42}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 300 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 45 mg bột Al, 40 mg CaS, và 115 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $950^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 4. $Eu_{0,58}Ca_{0,42}Al_{2,57}Ga_{0,58}S_{5,73}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,58}Ca_{0,42}Al_{1,63}Ga_{0,37}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 300 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 42 mg bột Al, 42 mg CaS, và 95 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $960^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 5. $Eu_{0,66}Ca_{0,34}Al_{2,86}Ga_{0,62}S_{6,23}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,66}Ca_{0,34}Al_{1,64}Ga_{0,36}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 300 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 40 mg bột Al, 30 mg CaS, và 90 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $950^\circ C$ trong

1 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 6. $Eu_{0,66}Ca_{0,34}Al_{2,26}Ga_{0,49}S_{5,11}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,66}Ca_{0,34}Al_{1,64}Ga_{0,36}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 3g tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 0,2g bột Al, 0,3g CaS, và 0,7g Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $960^\circ C$ trong 2 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 7. $Eu_{0,55}Ca_{0,45}Al_{2,31}Ga_{0,54}S_{5,29}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,55}Ca_{0,45}Al_{1,62}Ga_{0,38}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 200 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 25 mg bột Al, 32 mg CaS, và 63 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $970^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S .

Ví dụ 8. $Eu_{0,49}Ca_{0,51}Al_{2,08}Ga_{0,51}S_{4,88}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,49}Ca_{0,51}Al_{1,61}Ga_{0,39}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): Eu_2O_3 (1,084g, 3,08 mol) và bột Al (0,415g, 15,41 mol) được trộn 3 lần trong 45 giây tại 2000 vòng/phút sử dụng máy trộn tốc độ. Bột đã trộn được nung tại $900^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S trong thuyền alumin. Bánh tiền chất đã nung được nghiền bằng tay trong hộp găng tay để nghiền nó thành bột. 300 mg tiền chất $EuAl_{2,5}S_{4,75}$, 37,5 mg bột Al, 60 mg CaS, và 97,5 mg Ga_2S_3 được nghiền tay bằng cối và chày. Bột đã trộn được nung trong cốc alumin tại $950^\circ C$ trong 1 giờ dưới môi trường H_2S .

Fig. 1 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 1, 2, 3, 5 và 8 và cho tiêu chuẩn tham khảo nội bộ, với kích thích tại 450 nm. Fig. 2 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 1, 2, 3, 5 và 8, với phát xạ được quan sát tại mức phát xạ cực đại.

Ví dụ 9. $Eu_{0,5}Ca_{0,5}Al_{2,25}Ga_{0,75}S_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,5}Ca_{0,5}Al_{1,5}Ga_{0,5}S_4$ và $(Al,Ga)_2S_3$): $EuAl_2S_4$ tạo trước được kết hợp với CaS, Al, và Ga_2S_3 theo hệ số tỷ lệ mong muốn. Hỗn hợp được đun nóng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 10. $Eu_{0,5}Ca_{0,5}Al_{2,25}Ga_{0,75}S_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $Eu_{0,5}Ca_{0,5}Al_{1,5}Ga_{0,5}S_4$

và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): EuS được kết hợp với CaS, Al, và Ga_2S_3 theo hệ số tỷ lệ mong muốn. Hỗn hợp được đun nóng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 11. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,7}\text{Ga}_{0,3}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$: EuS được kết hợp với CaS, Al, và Ga_2S_3 theo hệ số tỷ lệ mong muốn. Hỗn hợp được đun nóng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 12. $\text{Eu}_{0,5}\text{Ca}_{0,5}\text{Al}_{2,25}\text{Ga}_{0,75}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,5}\text{Ca}_{0,5}\text{Al}_{1,5}\text{Ga}_{0,5}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): EuAl_2S_4 tạo trước được kết hợp với CaS, Al, và Ga_2S_3 theo hệ số tỷ lệ mong muốn, cộng 10% CsCl được thêm vào dưới dạng dòng. Hỗn hợp được đun nóng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 13. $\text{Eu}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{Al}_{2,7}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,5}\text{Ca}_{0,5}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): 0,542g Eu, 0,110g CaS, 1,033g Al_2S_3 , 0,114g S và 0,090g AlCl_3 được nghiền cùng nhau trong cối và chày trong hộp gang tay chứa đầy argon. Hỗn hợp các chất phản ứng được chia đều vào trong bốn ống silic dioxide nóng chảy được bịt kín. Các ống được đun nóng cùng nhau trong lò hộp với tiến trình đun nóng như sau: nhảy vọt từ nhiệt độ phòng lên 400°C trong 120 phút, dừng lại tại 400°C trong 60 phút, nhảy vọt từ 400°C lên 900°C trong 150 phút, dừng lại tại 900°C trong 360 phút, sau đó nhảy vọt xuống nhiệt độ phòng trong 1080 phút.

Ví dụ 14. $\text{Eu}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{Al}_{2,4}\text{Ga}_{0,3}\text{S}_{5,05}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{Al}_{1,78}\text{Ga}_{0,22}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): 0,523g Eu, 0,106g CaS, 0,886g Al_2S_3 , 0,174g Ga_2S_3 , 0,110g S và 0,090g AlCl_3 được nghiền cùng nhau trong cối và chày trong hộp gang tay chứa đầy argon. Hỗn hợp các chất phản ứng được chia đều vào trong bốn ống silic dioxide nóng chảy được bịt kín. Các ống được đun nóng cùng nhau trong lò hộp với tiến trình đun nóng như sau: nhảy vọt từ nhiệt độ phòng lên 400°C trong 120 phút, dừng lại tại 400°C trong 60 phút, nhảy vọt từ 400°C lên 900°C trong 150 phút, dừng lại tại 900°C trong 360 phút, sau đó nhảy vọt xuống nhiệt độ phòng trong 1080 phút.

Ví dụ 15. $\text{Eu}_{0,95}\text{Ca}_{0,05}\text{Al}_2\text{S}_4$: CaS, Eu, Al và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và quá 10 mg S trong hộp gang tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong các ống silic dioxide nóng chảy. Các mẫu được nung hai lần tại 800°C cùng với nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp gang tay nạp đầy khí Ar.

Ví dụ 16. $\text{Eu}_{0,79}\text{Ca}_{0,21}\text{Al}_2\text{S}_4$: 400 mg europi canxi thioaluminat được điều chế cùng với 21 %mol Ca từ CaS, Eu, Al, và S cùng với quá 35% Al và quá 10 mg S. Tiền

chất được trộn bằng cối và chày trong hộp gang tay nạp đầy khí Ar sau đó bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Phản ứng được thực hiện tại 800°C trong 12 giờ cùng với bước trung gian tại 400°C.

Ví dụ 17. $\text{Eu}_{0,01}\text{Ca}_{0,99}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,01}\text{Ca}_{0,98}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat với 1 %mol Europi được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, S, và Eu. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 18. $\text{Eu}_{0,02}\text{Ca}_{0,98}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,02}\text{Ca}_{0,98}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat với 2 %mol europi được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, S, và Eu. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 19. $\text{Eu}_{0,05}\text{Ca}_{0,95}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,05}\text{Ca}_{0,95}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat với 5 %mol europi được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, S, và Eu. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 20. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat với 8,5 %mol europi được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, S, và Eu. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 21. $\text{Eu}_{0,12}\text{Ca}_{0,88}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,12}\text{Ca}_{0,88}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat với 12 %mol europi được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, S, và Eu. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 22. $\text{Eu}_{0,01}\text{Ca}_{0,99}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,01}\text{Ca}_{0,99}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, S, và Eu với 1 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 23. $\text{Eu}_{0,02}\text{Ca}_{0,98}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,02}\text{Ca}_{0,98}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, và S, với 2 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí

bo oxy.

Ví dụ 24. $\text{Eu}_{0,05}\text{Ca}_{0,95}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,05}\text{Ca}_{0,95}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, và S, với 5 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 25. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, và S, với 8,5 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 26. $\text{Eu}_{0,12}\text{Ca}_{0,88}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,12}\text{Ca}_{0,88}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, và S, với 12 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được cho thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 27. $\text{Eu}_{0,15}\text{Ca}_{0,85}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,15}\text{Ca}_{0,85}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, và S, với 15 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được cho thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Ví dụ 28. $\text{Eu}_{0,20}\text{Ca}_{0,80}\text{Al}_3\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,20}\text{Ca}_{0,80}\text{Al}_2\text{S}_4$ và Al_2S_3): Một mẻ 400mg europi canxi thioaluminat được điều chế từ CaS, EuF_3 , Al, và S, với 20 %mol Eu. 1% trọng lượng LiCl được cho thêm vào hỗn hợp phản ứng. 200 mg hỗn hợp tiền chất được cho phản ứng dưới dòng H_2S tại 1000°C trong 90 phút với chất khử khí bo oxy.

Fig. 3 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 22-28 và cho tiêu chuẩn tham khảo nội bộ, với kích thích tại 450 nm.

Ví dụ 29. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Ga}_2\text{S}_4$: CaS, Eu, Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C

(17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 30. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{1,5}\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 31. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{0,6}\text{Ga}_{1,4}\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 32. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{0,7}\text{Ga}_{1,3}\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 33. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{0,8}\text{Ga}_{1,2}\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 34. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{0,9}\text{Ga}_{1,1}\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 35. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 36. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{S}_4$: CaS, Eu, Al Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và Ga_2S_3 và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ

phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Ví dụ 37. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_2\text{S}_4$: CaS, Eu, Al, Ga_2S_3 , và S được kết hợp theo tỷ lệ thích hợp với quá 35% Al và quá 10 mg S trong hộp găng tay nạp đầy khí Ar để tạo ra xấp xỉ 400 mg chất phản ứng và được bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các ống được đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng sau đây: 290°C (17giờ), 770°C (24giờ), 870°C (24giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. Các mẫu được cho nghiền sản phẩm trung gian với quá 10mg S trong hộp găng tay nạp đầy Ar, bịt kín dưới chân không ống silic dioxit nóng chảy và đun nóng sử dụng tiến trình đun nóng như sau: 400°C (6giờ), 1000°C (3giờ) trước khi làm nguội xuống nhiệt độ phòng. PXRD cho thấy phần lớn pha mong muốn.

Fig. 4 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 29-37 với kích thích tại 395 nm. Fig. 5 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 29-36 với phát xạ được quan sát tại mức phát xạ cực đại. Fig. 6A trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 29-32. Fig. 6B trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 33-36.

Ví dụ 38. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): CaS, Eu, Al, Ga_2S_3 và S được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 39. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): Tương tự ví dụ 38, tuy nhiên, EuS được sử dụng thay cho kim loại Eu làm nguồn europi. CaS, EuS, Al, Ga_2S_3 và S được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 40. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): Tương tự ví dụ 38, tuy nhiên, EuF_3 được sử dụng thay cho kim loại Eu làm nguồn europi. CaS, EuF_3 , Al, Ga_2S_3 và S được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 41. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): Tương tự ví dụ 40, tuy nhiên không có lưu huỳnh nguyên tố nào được sử dụng trong công thức ban đầu. CaS, EuF_3 , Al, và Ga_2S_3 và S được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 42. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): Tương tự ví dụ 40, tuy nhiên 5% CaS được thay bằng CaCO_3 trong công thức ban đầu. CaS, CaCO_3 , EuF_3 , Al, Ga_2S_3 và S được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 43. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): Tương tự ví dụ 40, tuy nhiên 5% CaS được thay bằng CaF_2 trong công thức ban đầu. CaS, CaF_2 , EuF_3 , Al, Ga_2S_3 và S được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Ví dụ 44. $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{2,64}\text{Ga}_{0,36}\text{S}_{5,5}$ (có thể là hỗn hợp của $\text{Eu}_{0,085}\text{Ca}_{0,915}\text{Al}_{1,76}\text{Ga}_{0,24}\text{S}_4$ và $(\text{Al,Ga})_2\text{S}_3$): Tương tự ví dụ 41, tuy nhiên sử dụng EuS thay cho EuF_3 trong công thức ban đầu. CaS, EuS, Al, và Ga_2S_3 được kết hợp theo hàm lượng thích hợp và cho phản ứng dưới dòng H_2S .

Bảng 1 bên dưới tóm tắt đặc tính phát xạ của phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Ca}_w\text{M}_x\text{S}_y$ trong ví dụ 1-44.

Để so sánh, các mẫu từ ví dụ 11 và 12 được để ngoài không khí qua đêm. Sau khi tiếp xúc qua đêm với độ ẩm trong khí quyển, ví dụ 11 (50% Eu) vẫn phát màu xanh lục và phát xạ rực rỡ dưới sự chiếu sáng từ đèn LED màu tím. Ngược lại, ví dụ 12 (8,5% Eu) nhạt hơn nhiều và hầu như không phát xạ.

Ví dụ phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Mg}_w\text{M}_x\text{S}_y$

Các mẫu pha tạp magiê được điều chế từ hỗn hợp hệ số tỷ lệ gồm Eu, Mg, Al, S, các bột và bột Ga_2S_3 , khi thích hợp, với quá 35% Al và Ga_2S_3 , khi thích hợp, và quá 10mg S được nghiền cùng nhau trong hộp găng tay nạp đầy argon và được bịt kín trong ống thạch anh. Các mẫu sau đó được đun nóng trong lò hộp tại 400°C trong 6 giờ và sau đó 800°C trong 12 giờ. XRD cho thấy các mức độ khác nhau của EuAl_2S_4 , MgAl_2S_4 và EuS. Mỗi mẫu đều cho thấy phát xạ xung quanh 500 nm và phản xạ xung quanh 450nm khi được kích thích tại 395 nm. Quét kích thích với phát xạ được quan sát tại 500nm cho thấy kích thích tối đa tại khoảng 390nm, với cường độ kích thích giảm dần xuống khoảng 460nm, tiếp theo cường độ kích thích giảm mạnh giảm xuống dưới khoảng 30% ở 490 nm. Cường độ kích thích giảm rõ ràng hơn khi tăng hàm lượng Mg. Các kết quả này cho thấy rằng Mg kết hợp vào trong EuAl_2S_4 , cũng như một vài MgAl_2S_4 pha tạp Eu.

Nung lần thứ hai: Các mẫu được nghiền một lần nữa bằng cối và chày dưới môi

trường agon và được bọc kín trong ống thạch anh. Các mẫu được đun nóng một lần nữa trong lò hộp tại 400°C trong 6 giờ và sau đó là 800°C trong 12 giờ. Một lần nữa, XRD cho thấy các mức độ khác nhau của EuAl_2S_4 , MgAl_2S_4 và EuS . Với kích thích 395 nm, chỉ quan sát thấy đỉnh phát xạ 500nm. Có sự giảm nhẹ trong bước sóng phát xạ cực đỉnh với hệ số tỷ lệ phản ứng mà có Mg xuất hiện vượt quá ít nhất hai lần so với Eu. Phổ kích thích theo xu hướng tương tự như đã lưu ý sau lần nung thứ nhất, đỉnh tại xung quanh 385 nm, và giảm dần xuống khoảng 460nm, ở đó mức độ cường độ kích thích giảm đi rõ rệt hơn khi hàm lượng Mg tăng lên trong hỗn hợp phản ứng.

Nung lần thứ ba: Các mẫu được nghiền một lần nữa bằng cối và chảy dưới môi trường agon với 10 phần trăm trọng lượng lưu huỳnh được thêm vào. Các mẫu sau đó được đun nóng tại 400°C trong 6 giờ và sau đó 900°C trong 24 giờ. XRD cho thấy các mức độ khác nhau của EuAl_2S_4 , và MgAl_2S_4 tương ứng với hệ số tỷ lệ phản ứng. Với kích thích 395 nm, chỉ quan sát thấy đỉnh phát xạ tại 500nm. Có sự giảm nhẹ trong bước sóng phát xạ đỉnh khi hệ số tỷ lệ phản ứng mà có Mg xuất hiện vượt quá ít nhất hai lần so với Eu. Phổ kích thích cho thấy sự khác biệt đáng kể, do kích thích tối đa trước đây ở khoảng 385nm đã dịch chuyển đến khoảng 455nm.

Sau khi nung lần thứ hai

Ví dụ 45: $\text{Eu}_{0,95}\text{Mg}_{0,05}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 46: $\text{Eu}_{0,86}\text{Mg}_{0,14}\text{Al}_{1,72}\text{Ga}_{0,28}\text{S}_4$

Ví dụ 47: $\text{Eu}_{0,79}\text{Mg}_{0,21}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 48: $\text{Eu}_{0,65}\text{Mg}_{0,35}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 49: $\text{Eu}_{0,50}\text{Mg}_{0,50}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 50: $\text{Eu}_{0,34}\text{Mg}_{0,66}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 51: $\text{Eu}_{0,10}\text{Mg}_{0,90}\text{Al}_2\text{S}_4$

Sau khi nung nóng lần ba

Ví dụ 47: $\text{Eu}_{0,79}\text{Mg}_{0,21}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 48: $\text{Eu}_{0,65}\text{Mg}_{0,35}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 49: $\text{Eu}_{0,50}\text{Mg}_{0,50}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 50: $\text{Eu}_{0,34}\text{Mg}_{0,66}\text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 51: $\text{Eu}_{0,10}\text{Mg}_{0,90}\text{Al}_2\text{S}_4$

Bảng 2 bên dưới trình bày đặc tính phát xạ của ví dụ 45-51 sau khi nung lần thứ hai. Bảng 3 bên dưới trình bày đặc tính phát xạ của ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ

ba.

Fig. 7 trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 47 sau khi nung lần thứ hai và thứ ba. Fig. 8 trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X đối với ví dụ 51 sau khi nung lần thứ hai và thứ ba.

Fig. 9 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ hai, với kích thích tại 395 nm. Fig. 10 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ hai, với phát xạ được quan sát tại 500 nm.

Fig. 11 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ ba, với kích thích tại 395 nm. Fig. 12 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 47-51 sau khi nung lần thứ ba, với phát xạ được quan sát tại 500 nm.

Ví dụ phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Sr}_w\text{M}_x\text{S}_y$

Các mẫu pha tạp Stronti được điều chế từ hỗn hợp hệ số tỷ lệ lượng gồm bột Eu, SrS, Al, và S, với quá 35% Al và quá 10mg S được nghiền cùng nhau trong hộp găng tay nạp đầy argon và được bịt kín trong ống thạch anh. Các mẫu sau đó được đun nóng trong lò hộp tại 400°C trong 6 giờ và sau đó 800°C trong 12 giờ. Quét kích thích với phát xạ được quan sát tại 500nm cho thấy kích thích tối đa tại khoảng 380nm, với cường độ kích thích giảm dần xuống khoảng 450 nm, tiếp theo cường độ kích thích giảm mạnh giảm dưới khoảng 25% tại 490 nm. Việc giảm cường độ kích thích về phía 450 nm rõ rệt hơn khi tăng hàm lượng Sr.

Ví dụ 52: $\text{Eu}_{0,95}\text{Sr}_{0,05} \text{Al}_2\text{S}_4$

Ví dụ 53: $\text{Eu}_{0,79}\text{Sr}_{0,21} \text{Al}_2\text{S}_4$

Fig. 13 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 52 và 53, với kích thích tại 395 nm. Bảng 4 trình bày đặc tính phát xạ cho ví dụ 52 và 53.

Ví dụ phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Ba}_w\text{M}_x\text{S}_y$

Bari sulfua được kết hợp với europi, nhôm và lưu huỳnh nguyên tố theo hàm lượng hệ số tỷ lệ lượng thích hợp, với quá 35% nhôm và quá 20% lưu huỳnh, tạo thành xấp xỉ 400mg hỗn hợp phản ứng ban đầu. Hỗn hợp này được nghiền bằng cối và chày và bịt kín dưới chân không trong ống silic dioxit nóng chảy. Các mẫu được đun nóng đến 400°C trong 4 giờ, giữ tại nhiệt độ này trong 4 giờ, nhảy vọt lên 800°C trong 4 giờ, giữ tại nhiệt độ này trong 10 giờ, sau đó để nguội xuống nhiệt độ phòng trong thời gian 6 giờ. Các mẫu được nghiền lại cùng với thêm 10 mg lưu huỳnh dưới argon, sau đó bịt kín và đun nóng một lần nữa theo tiến trình tương tự.

Ví dụ 54: $\text{Eu}_{0,10}\text{Ba}_{0,90}\text{Al}_2\text{S}_4$:

Ví dụ 55: $\text{Eu}_{0,25}\text{Ba}_{0,75}\text{Al}_2\text{S}_4$:

Ví dụ 56: $\text{Eu}_{0,40}\text{Ba}_{0,60}\text{Al}_2\text{S}_4$:

Ví dụ 57: $\text{Eu}_{0,50}\text{Ba}_{0,50}\text{Al}_2\text{S}_4$:

Ví dụ 58: $\text{Eu}_{0,79}\text{Ba}_{0,21}\text{Al}_2\text{S}_4$:

Ví dụ 59: $\text{Eu}_{0,95}\text{Ba}_{0,05}\text{Al}_2\text{S}_4$:

Fig. 14 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 54 đến 57, với kích thích tại 395 nm. Fig. 15 trình bày phổ phát xạ cho ví dụ 59, với kích thích tại 395 nm. Fig. 16 trình bày phổ kích thích cho ví dụ 54 đến 57, với phát xạ được quan sát tại 500 nm. Bảng 5 trình bày đặc tính phát xạ cho ví dụ 54-59.

Fig. 17 trình bày biên dạng nhiễu xạ bột tia X cho ví dụ 54 đến 57 lần lượt được ghi nhận là (a) - (d), trong hình vẽ.

Sản xuất LED chuyển đổi phospho

LED ví dụ 1. LED chuyển đổi phospho được sản xuất với phospho ví dụ 12, phospho PFS đỏ, và bao gói LED Plessey 3535 với đỉnh xanh lam 450 nm. Điểm màu của phổ phát xạ là CIE x,y 0,2478, 0,1954. Ví dụ này phù hợp với ứng dụng chiếu sáng phòng. Phân phối công suất phổ cho ví dụ này được trình bày trong Fig. 18.

LED ví dụ 2. LED chuyển đổi phospho được sản xuất với phospho ví dụ 6, phospho PFS đỏ, và bao gói LED Plessey 3535 với đỉnh xanh lam 450 nm. Điểm màu của phổ phát xạ là CIE x,y 0,3446, 0,365. Nhiệt độ màu 5062 là K, duv là $\sim 0,0036$, và R_a là ~ 47 . Mặc dù LED này có thể không phù hợp với hầu hết các ứng dụng chiếu sáng, nó minh họa điểm màu trắng. Phân phối công suất phổ của đèn LED này được trình bày trong Fig. 19.

LED ví dụ 3. LED chuyển đổi phospho được sản xuất với phospho ví dụ 6, phospho PFS đỏ, và LED PowerOpto 457 nm (2835 bao gói). Điểm màu của phổ phát xạ là CIE x,y 0,3184, 0,3516. Nhiệt độ màu là 6102 K, duv là $\sim 0,0084$, và R_a là $\sim 55,5$. Phân phối công suất phổ của đèn LED này được trình bày trong Fig. 20.

LED ví dụ 4. LED chuyển đổi phospho được sản xuất với phospho ví dụ 7, phospho đỏ BR102Q, và LED PowerOpto 457 nm (2835 bao gói). Điểm màu của phổ phát xạ là CIE x,y 0,3517, 0,3134. Nhiệt độ màu là 4508 K, duv là $\sim 0,023$, và R_a là ~ 76 . Phân phối công suất phổ của đèn LED này được trình bày trong Fig. 21.

LED ví dụ 5. LED chuyển đổi phospho được sản xuất với phospho ví dụ 7,

phospho đỏ BR102Q, và LED PowerOpto 457 nm (2835 bao gói). Điểm màu của phổ phát xạ là CIE x,y 0,4065, 0,3571. Nhiệt độ màu là 3165 K, uv là $\sim 0,0156$, R_a là ~ 81 , và R_9 là ~ 77 . Phân phối công suất phổ của đèn LED này được trình bày trong Fig. 22.

LED ví dụ 6. LED chuyển đổi phospho được sản xuất với phospho ví dụ 4, phospho đỏ BR102Q, và LED PowerOpto 457 nm (2835 bao gói). Điểm màu của phổ phát xạ là CIE x,y 0,3298, 0,3620. Nhiệt độ màu là 5610 K, uv là $\sim 0,0082$, R_a là ~ 89 , và R_9 là ~ 70 . Phân phối công suất phổ của đèn LED này được trình bày trong Fig. 23.

Bảng 1. Đặc tính phát xạ của phospho $Eu_{1-w}Ca_wM_xS_y$

Ví dụ	Đỉnh, nm	FWHM, nm	Cường độ đỉnh so với tham khảo nội bộ
Ví dụ 1	518	39,0	80%
Ví dụ 2	520	39,5	85%
Ví dụ 3	521	40,5	75%
Ví dụ 4	522		
Ví dụ 5	521	43,5	85%
Ví dụ 6	524		
Ví dụ 7	524		
Ví dụ 8	521	43,5	28%
Ví dụ 9	526	41	94%
Ví dụ 10	523	42	76%
Ví dụ 11	521	42	96%
Ví dụ 12	529	43	106%
Ví dụ 13	511	31	
Ví dụ 14	517	36	
Ví dụ 15	508	32	
Ví dụ 16	509	33	
Ví dụ 17	517	38	48%
Ví dụ 18	516	39	63%
Ví dụ 19	517	37	85%
Ví dụ 20	517	37	100%
Ví dụ 21	517	37	97%

Ví dụ 22	517	39	61%
Ví dụ 23	517	39	78%
Ví dụ 24	517	39	94%
Ví dụ 25	517	38	103%
Ví dụ 26	517	37	103%
Ví dụ 27	518	38	122%
Ví dụ 28	517	37	96%
Ví dụ 29	556	52	
Ví dụ 30	550	51	
Ví dụ 31	546	51	
Ví dụ 32	546	51	
Ví dụ 33	546	50	
Ví dụ 34	543	50	
Ví dụ 35	541	50	
Ví dụ 36	528	46	
Ví dụ 37	518	35	
Ví dụ 38	521		87%
Ví dụ 39	521		93%
Ví dụ 40	521		92%
Ví dụ 41	518		49%
Ví dụ 42	521		65%
Ví dụ 43	519		62%
Ví dụ 44			

Bảng 2. Đặc tính phát xạ của phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Mg}_w\text{M}_x\text{S}_y$ sau khi nung lần thứ hai

Ví dụ	Đỉnh, nm sau khi nung lần thứ hai	Cường độ phát xạ tương đối*	Cường độ phát xạ tương đối tại 453nm so với đỉnh kích thích
Ví dụ 45	506		
Ví dụ 46	508		
Ví dụ 47	502	100%	95%

Ví dụ 48	502	98%	92%
Ví dụ 49	502	93%	91%
Ví dụ 50	501	74%	88%
Ví dụ 51	499	58%	83%

Bảng 3: Đặc tính phát xạ của phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Mg}_w\text{M}_x\text{S}_y$ sau khi nung lần thứ ba

Ví dụ	Đỉnh, nm sau khi nung lần thứ 3
Ví dụ 47	506
Ví dụ 48	507
Ví dụ 49	506
Ví dụ 50	504
Ví dụ 51	503

Bảng 4: Đặc tính phát xạ của phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Sr}_w\text{M}_x\text{S}_y$

Ví dụ	Đỉnh	FWHM
Ví dụ 52	507	33
Ví dụ 53	503	32

Bảng 5: Đặc tính phát xạ của phospho $\text{Eu}_{1-w}\text{Ba}_w\text{M}_x\text{S}_y$

Ví dụ	Đỉnh (nm)	FWHM (nm)	Pha xuất hiện trong XRD
Ví dụ 54	482	44	BaAl_2S_4 , BaAl_4S_7 , EuAl_2S_4
Ví dụ 55	491	43	BaAl_2S_4 , BaAl_4S_7 , EuAl_2S_4
Ví dụ 56	497	38	BaAl_4S_7 , EuAl_2S_4
Ví dụ 57	498	35	BaAl_4S_7 , EuAl_2S_4
Ví dụ 58	502	33	
Ví dụ 59	505	32	BaO , EuAl_2S_4

Phần mô tả chỉ để minh họa và không bị giới hạn. Những biến thể tiếp theo sẽ trở nên rõ ràng với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực chiếu sáng trong phần mô tả này và được dự tính nằm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị phát sáng bao gồm:
điốt phát quang phát ra ánh sáng sơ cấp; và
vật liệu phospho $RE_{1-w}A_wM_xE_y$ có khả năng hấp thụ ít nhất một phần ánh sáng sơ cấp và đáp ứng phát ra ánh sáng thứ cấp có bước sóng dài hơn bước sóng của ánh sáng sơ cấp;
trong đó:
RE là nguyên tố đất hiếm hoặc hỗn hợp của các nguyên tố đất hiếm;
A được chọn từ nhóm gồm có Magie, Canxi, Stronti, Bari, và hỗn hợp của chúng;
M được chọn từ nhóm gồm có Nhôm, Gali, Bo, Indi, Scandi, Luteti, Ytri, và hỗn hợp của chúng;
E được chọn từ nhóm gồm có lưu huỳnh, Selen, Oxy, Telua, và hỗn hợp của chúng;
 $0,01 \leq w \leq 0,8$;
 $2 \leq x \leq 4$; và
 $4 \leq y \leq 7$.
2. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó RE là Europi.
3. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó $0,30 \leq w \leq 0,66$.
4. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó phospho $RE_{1-w}A_wM_xE_y$ chỉ có cấu trúc tinh thể giả hệ thoi EuM_2E_4 .
5. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó phospho $RE_{1-w}A_wM_xE_y$ có hỗn hợp gồm phần lớn là cấu trúc tinh thể giả hệ thoi EuM_2E_4 và một hoặc nhiều cấu trúc tinh thể chalcogenit nhị phân.
6. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó điốt phát quang là điốt laze.
7. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó ánh sáng sơ cấp có bước sóng nằm trong khoảng từ 380 nanomet đến khoảng 500 nanomet.
8. Thiết bị phát sáng theo điểm 7, trong đó ánh sáng sơ cấp là ánh sáng xanh lam.
9. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó, ánh sáng thứ cấp có bước sóng nằm trong khoảng từ 475 nanomet đến khoảng 560 nanomet.

10. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, trong đó:
- RE là Europi; và
- $$0,30 \leq w \leq 0,66.$$
11. Thiết bị phát sáng theo điểm 10, trong đó phospho $RE_{1-w}A_wM_xE_y$ chỉ có cấu trúc tinh thể giả hệ thoi EuM_2E_4 .
12. Thiết bị phát sáng theo điểm 10, trong đó ánh sáng sơ cấp là ánh sáng xanh lam.
13. Thiết bị phát sáng theo điểm 1, bao gồm vật liệu phospho thứ hai có khả năng hấp thụ ít nhất một phần ánh sáng sơ cấp và đáp ứng phát ra ánh sáng màu đỏ; trong đó việc phát xạ kết hợp từ thiết bị phát sáng của ánh sáng sơ cấp không được hấp thụ, ánh sáng thứ cấp, và ánh sáng màu đỏ xuất hiện màu trắng đối với người quan sát có thị giác màu sắc bình thường.
14. Thiết bị phát sáng theo điểm 13, trong đó:
- RE là Europi; và
- $$0,30 \leq w \leq 0,66.$$
15. Thiết bị phát sáng theo điểm 14, trong đó phospho $RE_{1-w}A_wM_xE_y$ chỉ có cấu trúc tinh thể giả hệ thoi EuM_2E_4 .
16. Thiết bị phát sáng theo điểm 14, trong đó ánh sáng sơ cấp là ánh sáng xanh lam.
17. Thiết bị phát sáng theo điểm 16, trong đó ánh sáng thứ cấp có bước sóng nằm trong khoảng từ 475 nanomet đến khoảng 560 nanomet.

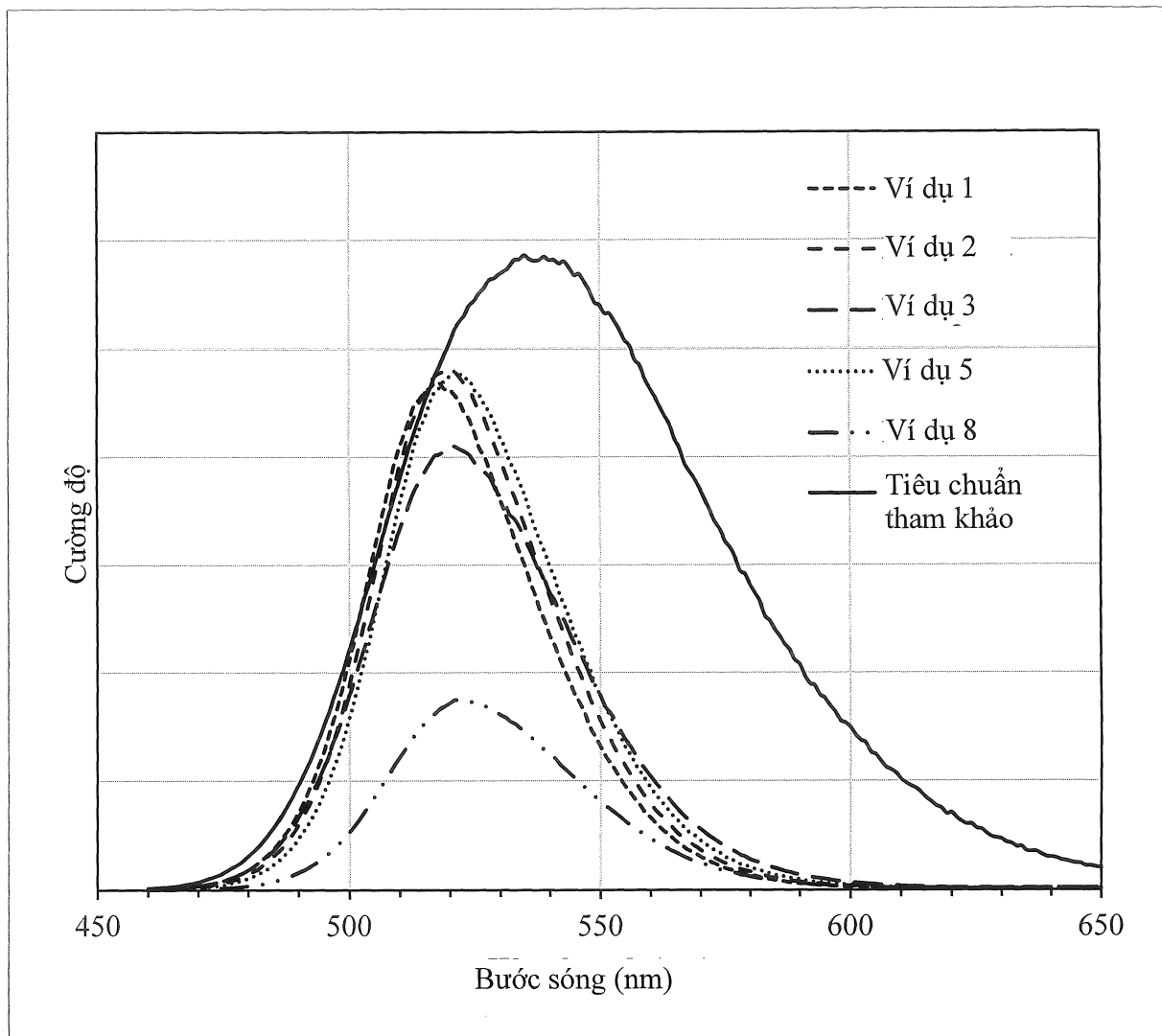


Fig. 1

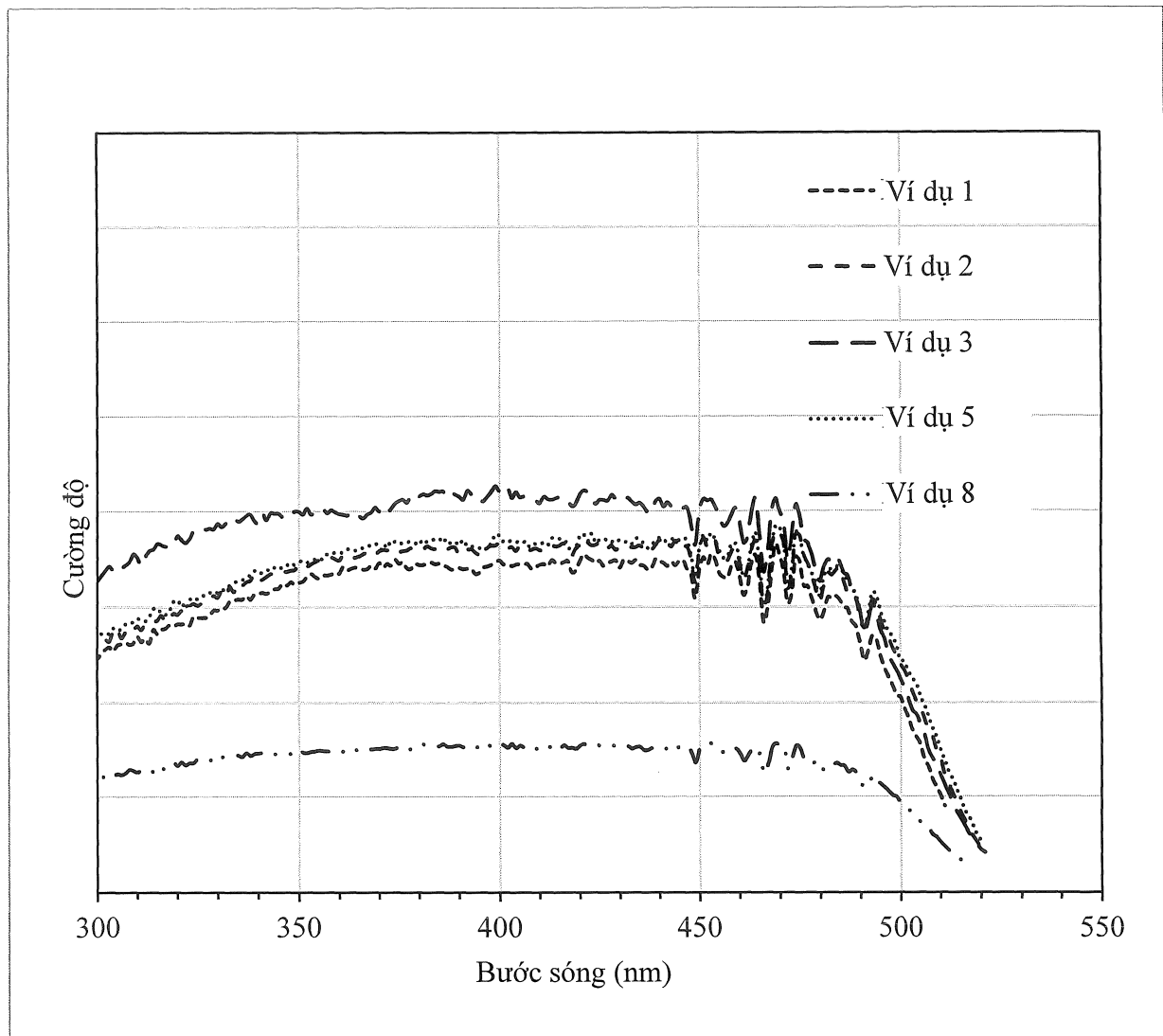


Fig. 2

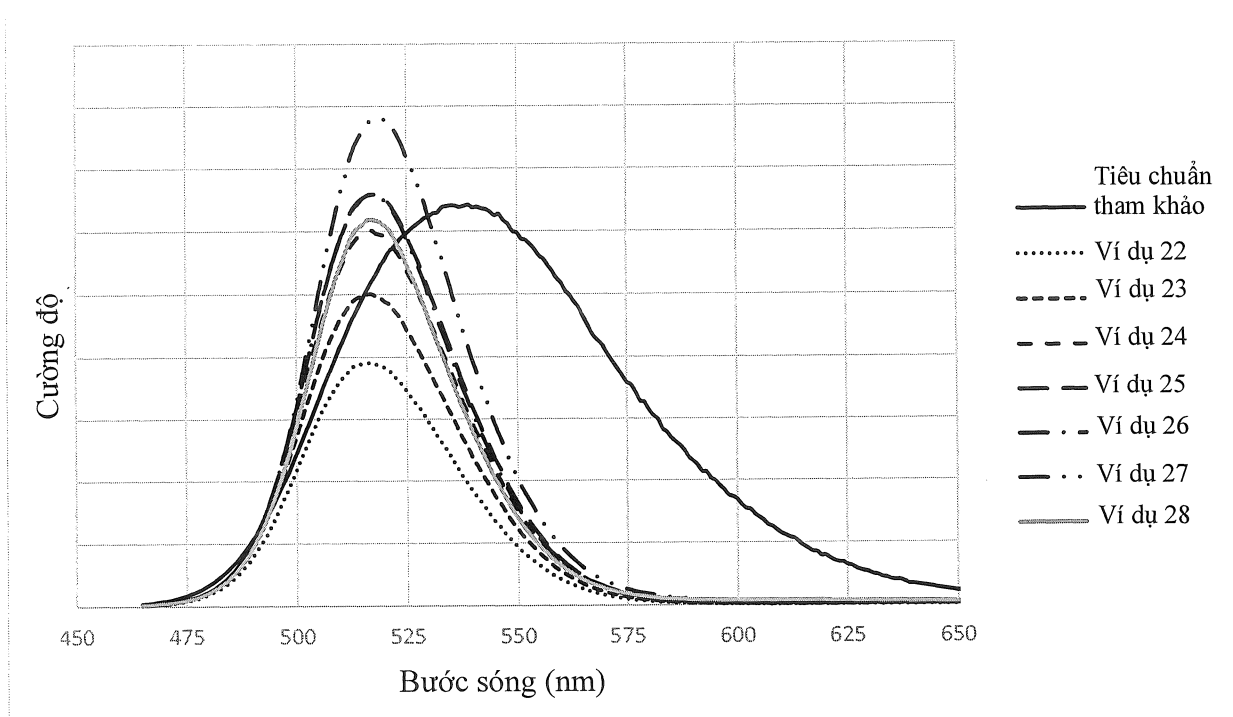


Fig. 3

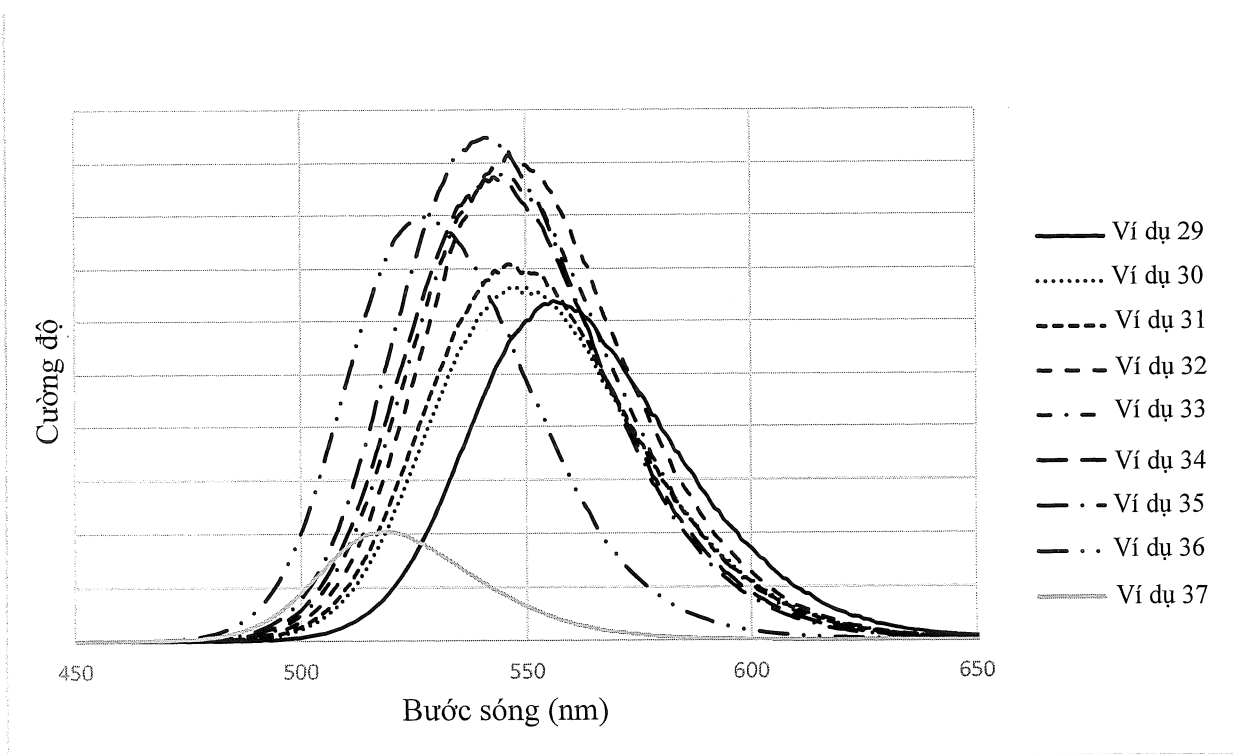


Fig. 4

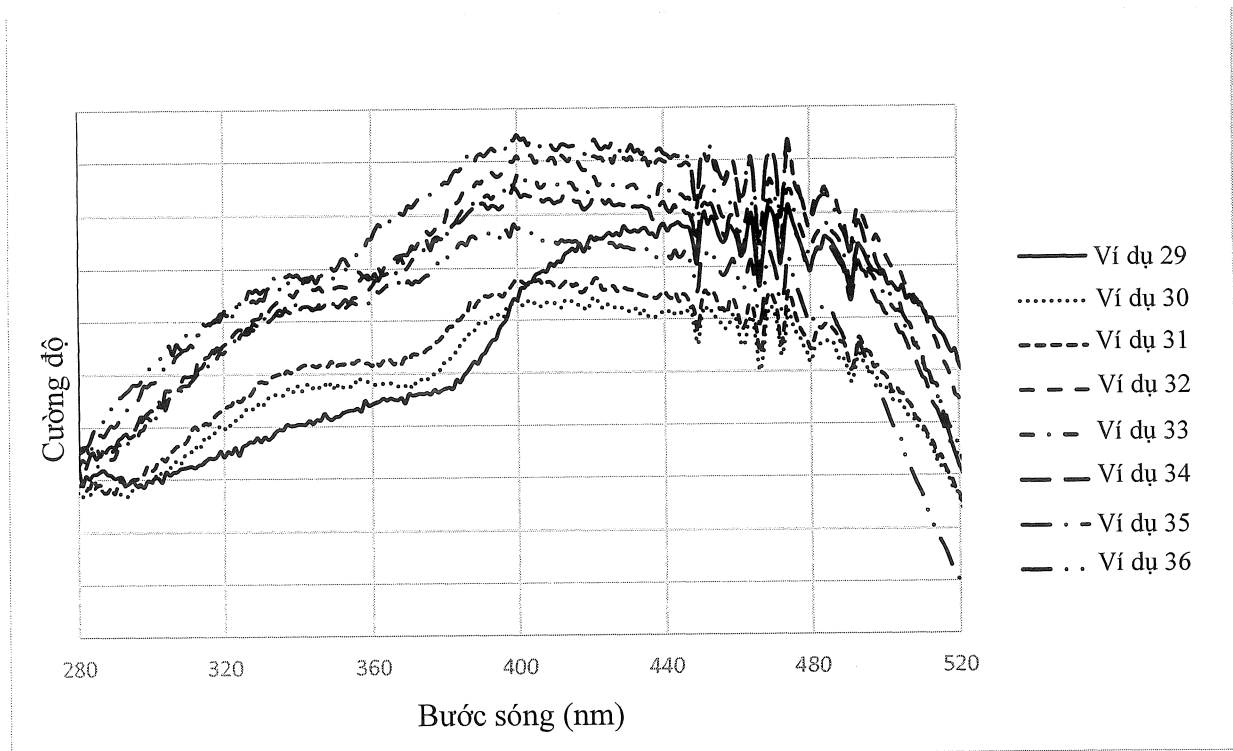


Fig. 5

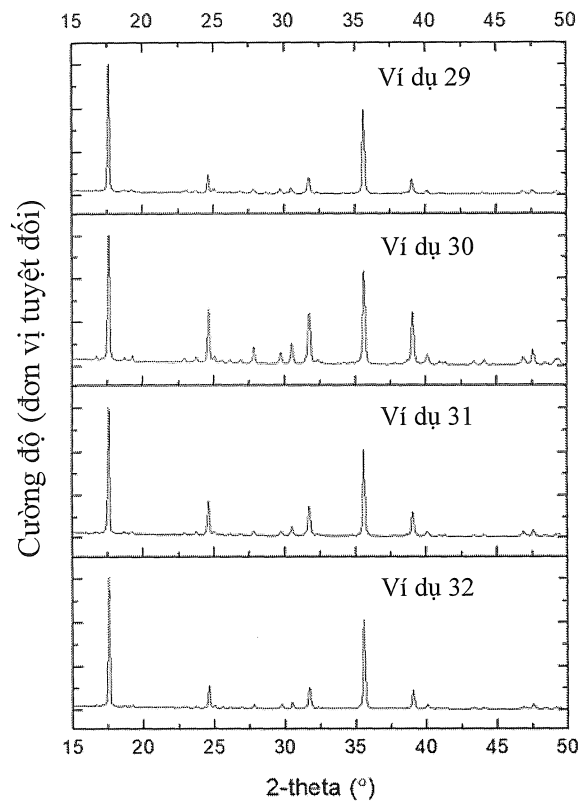


Fig. 6A

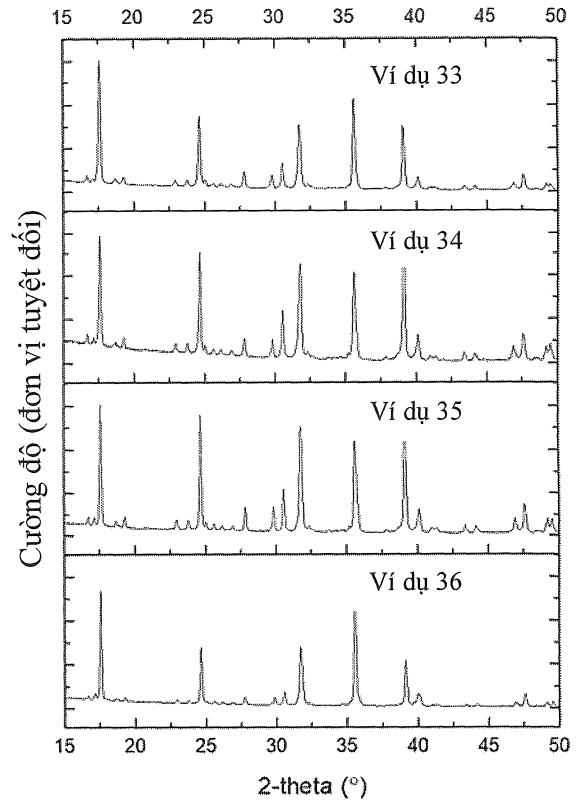


Fig. 6B

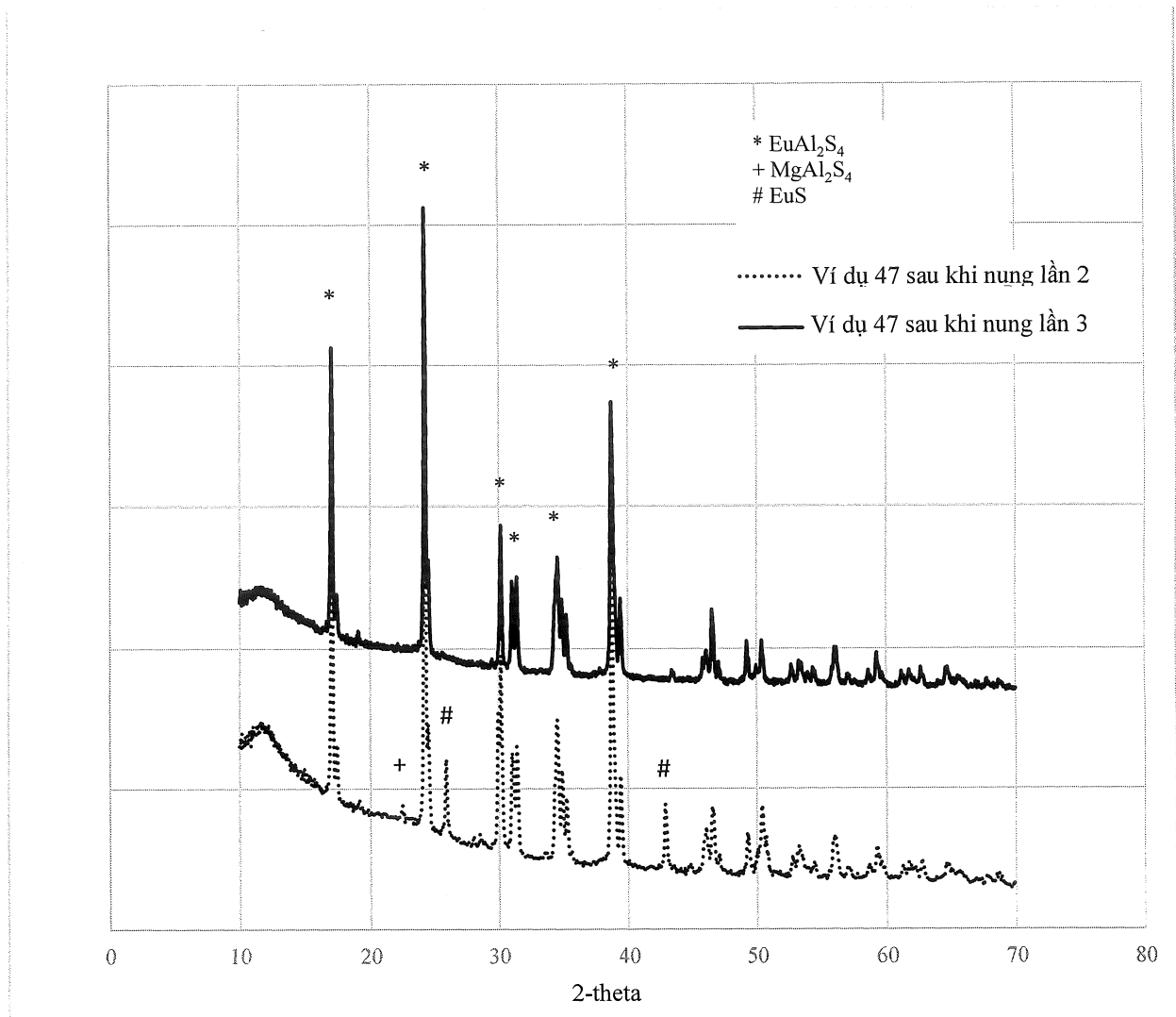


Fig. 7

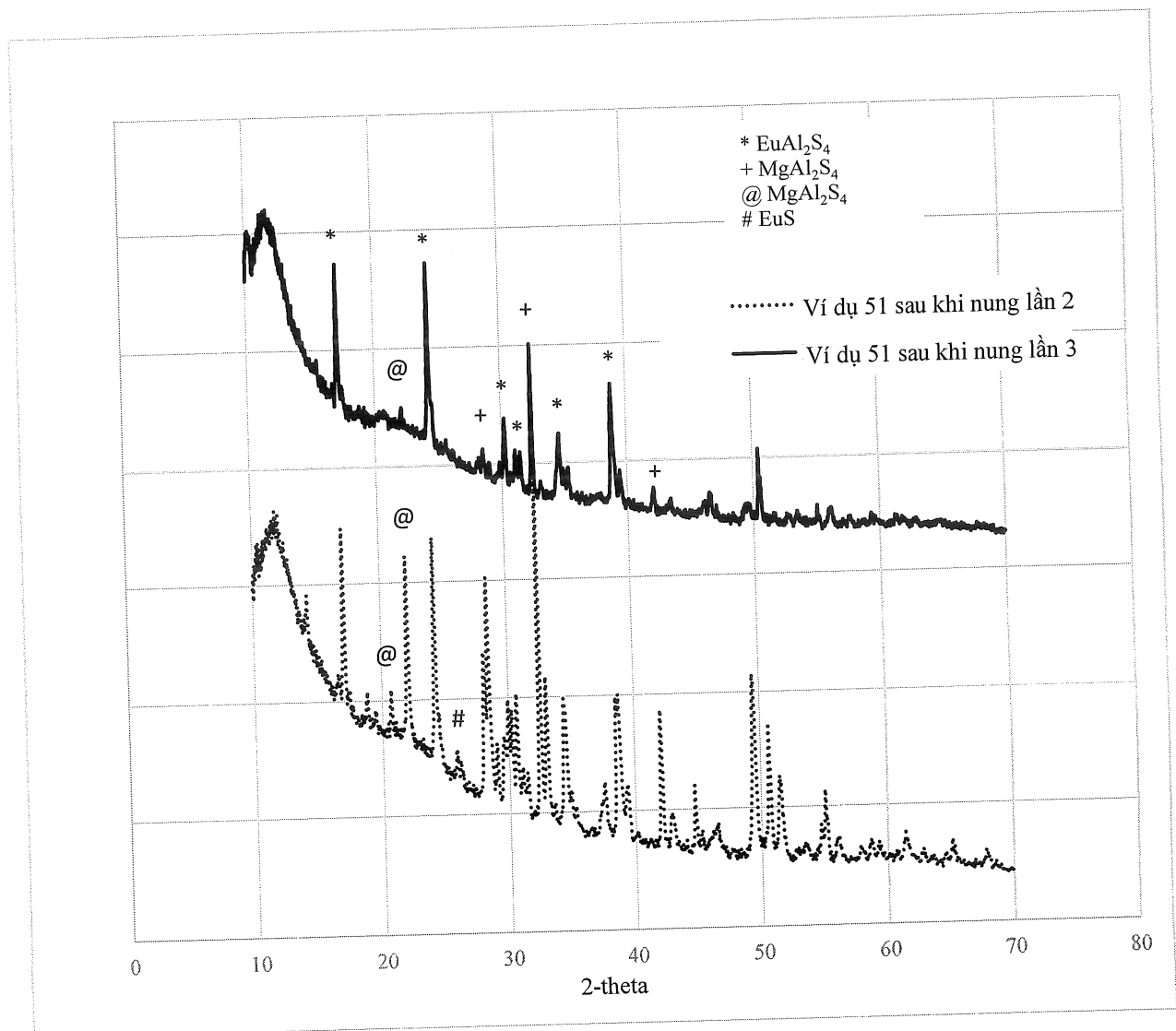


Fig. 8

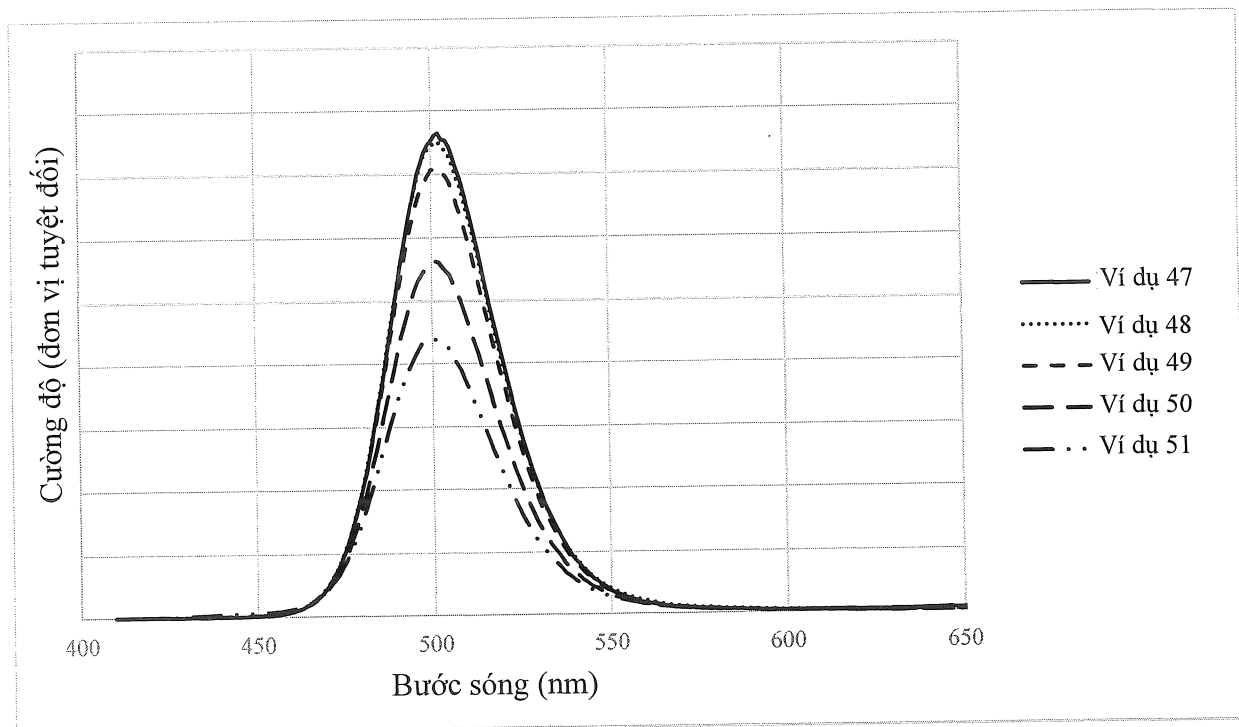


Fig. 9

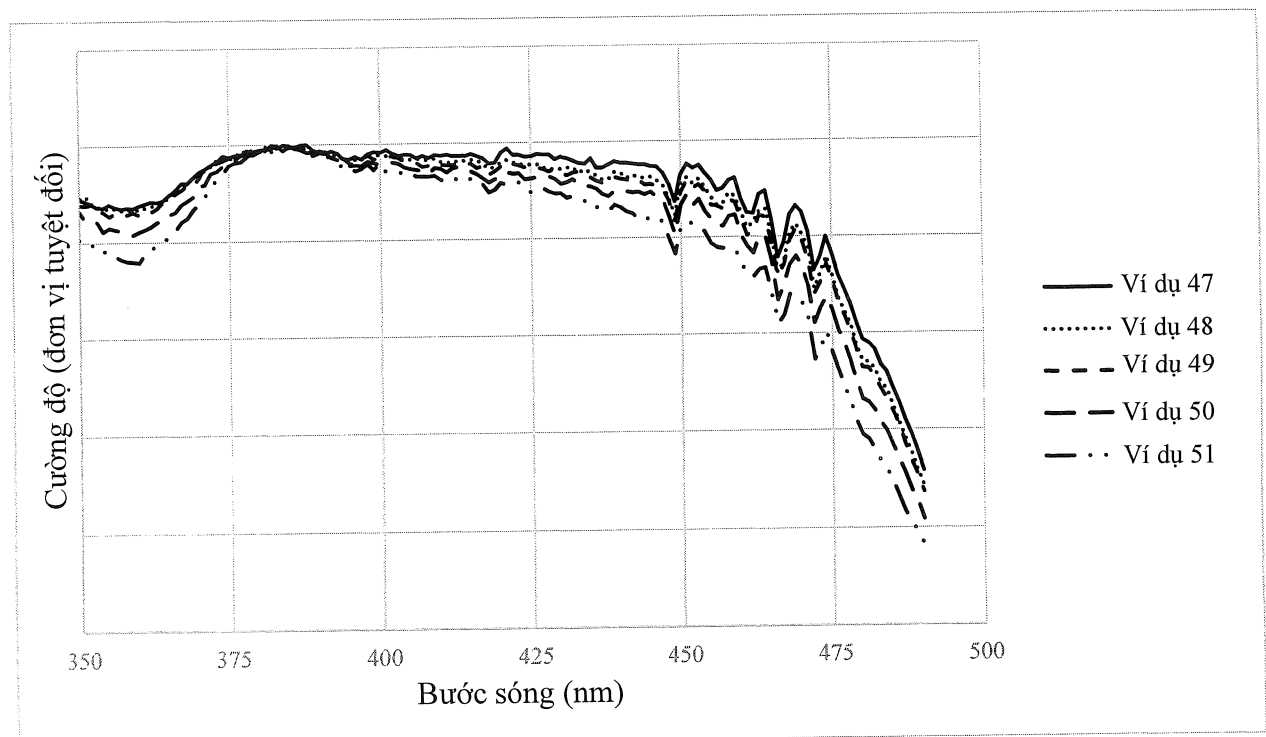


Fig. 10

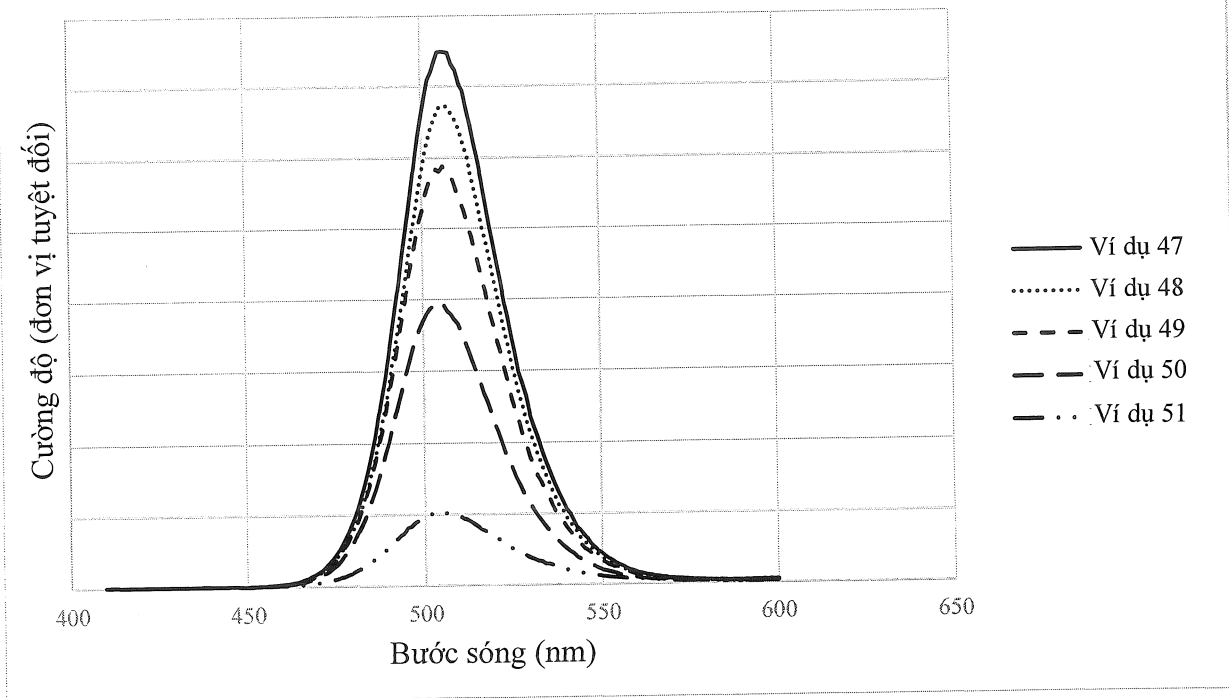


Fig. 11

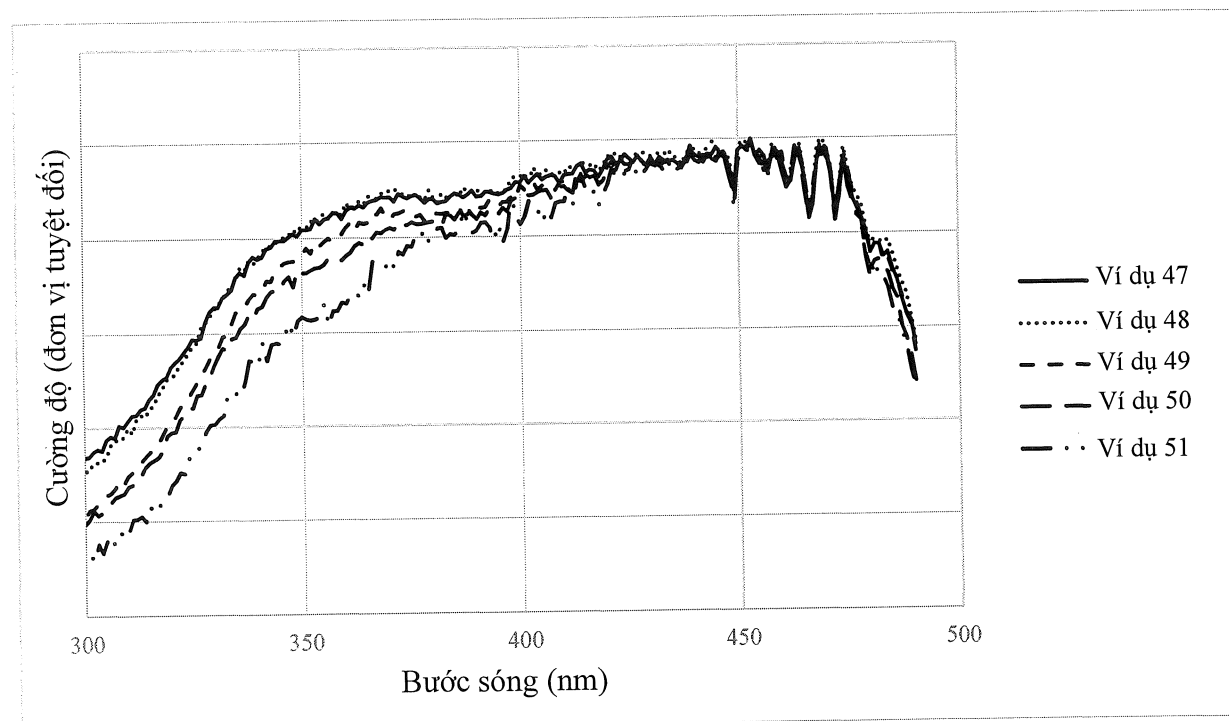


Fig. 12

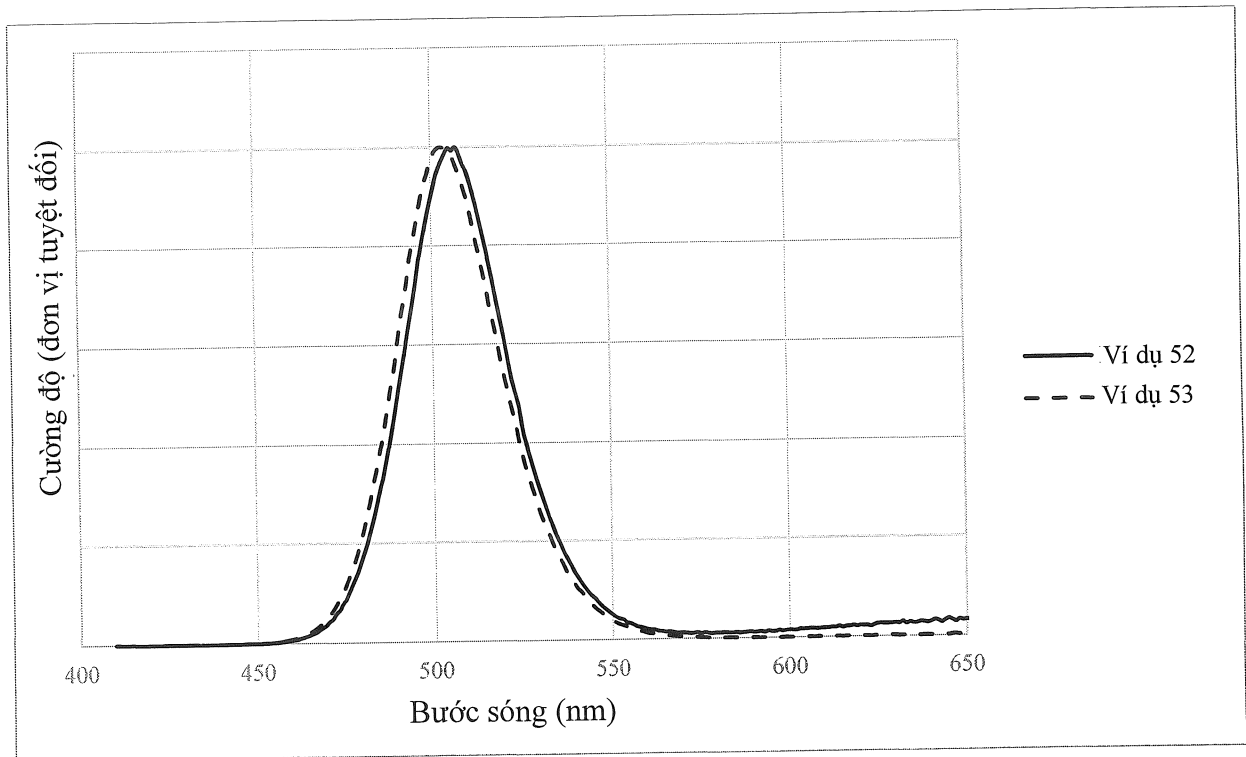


Fig. 13

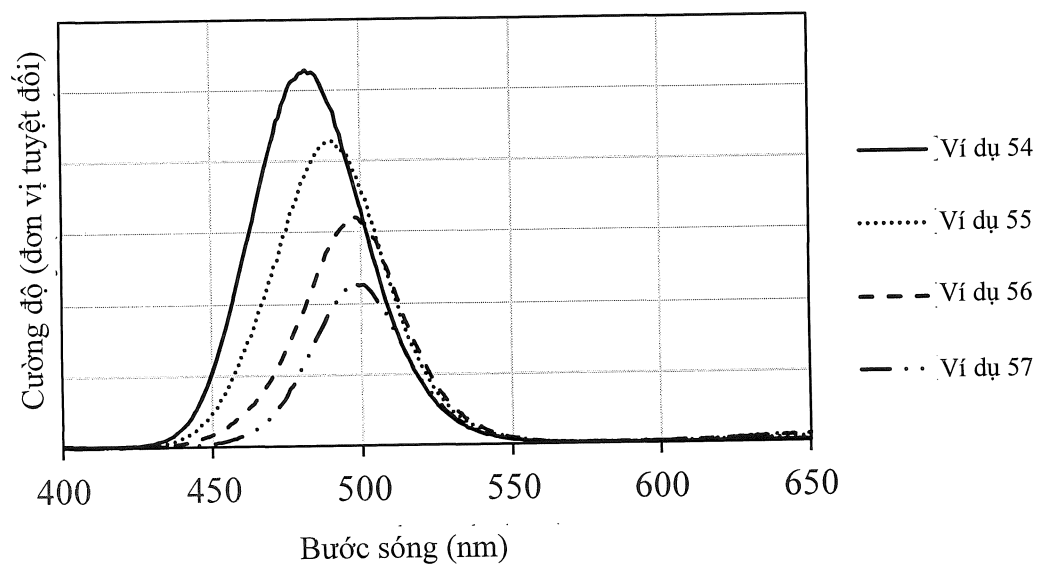


Fig. 14

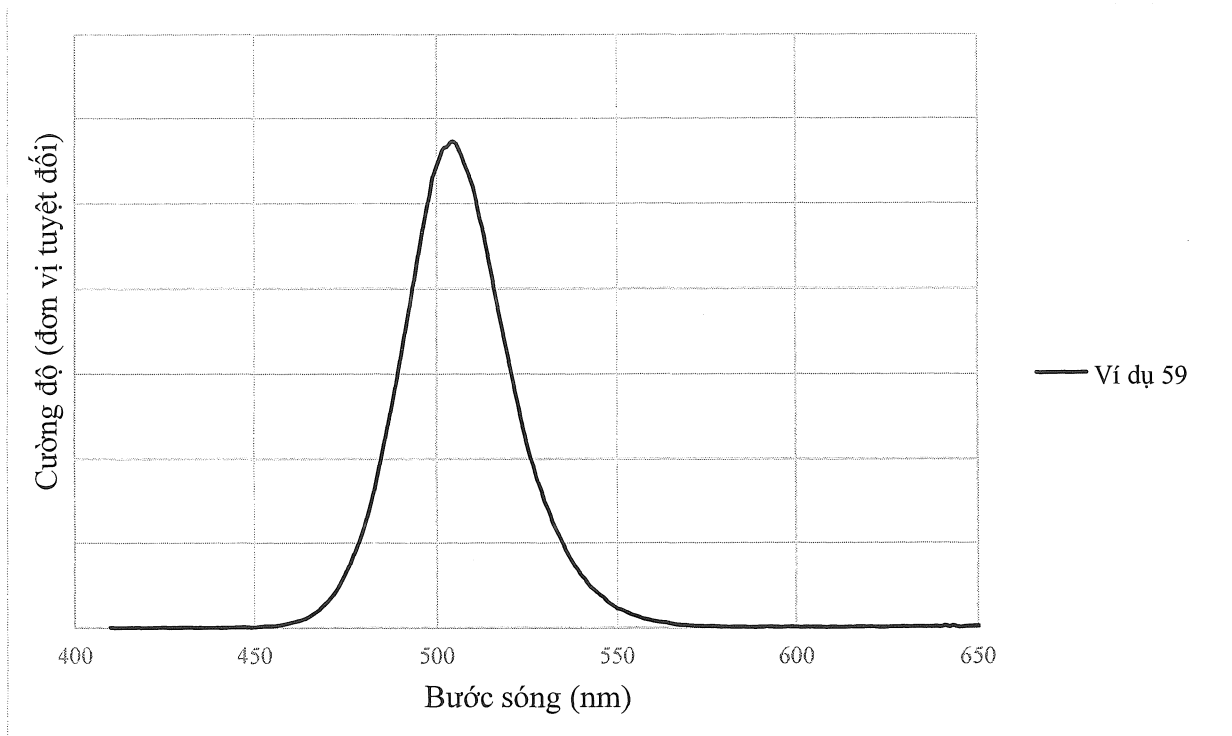


Fig. 15

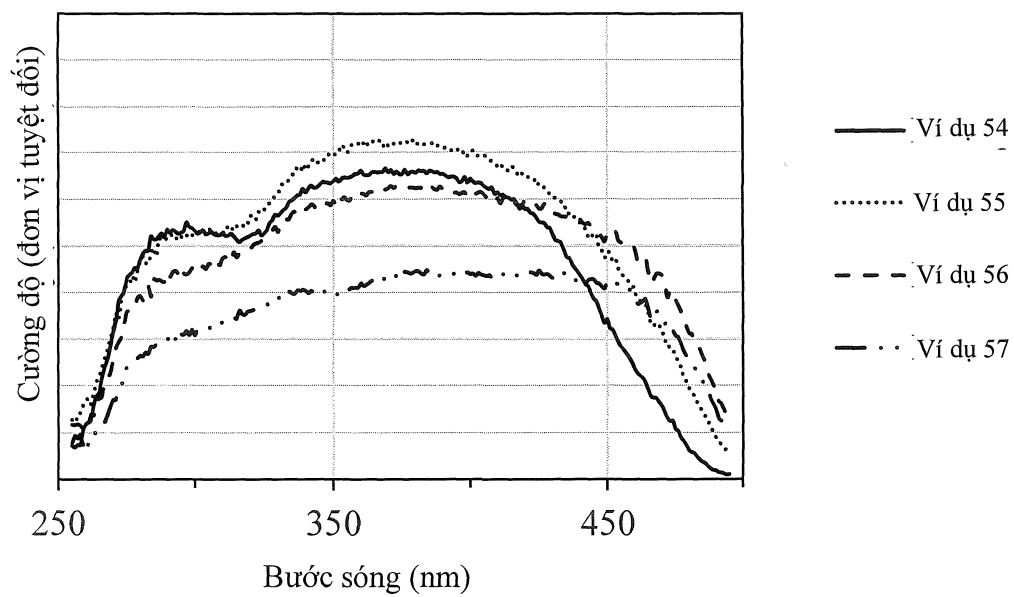


Fig. 16

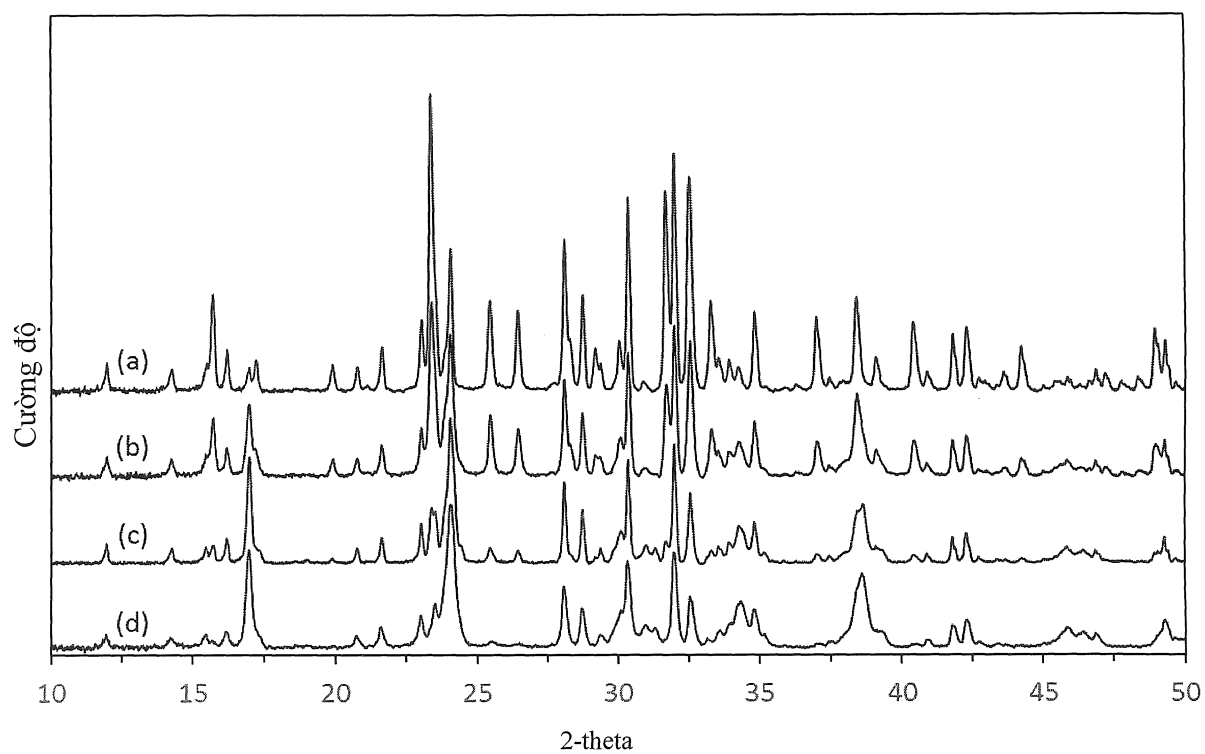


Fig. 17

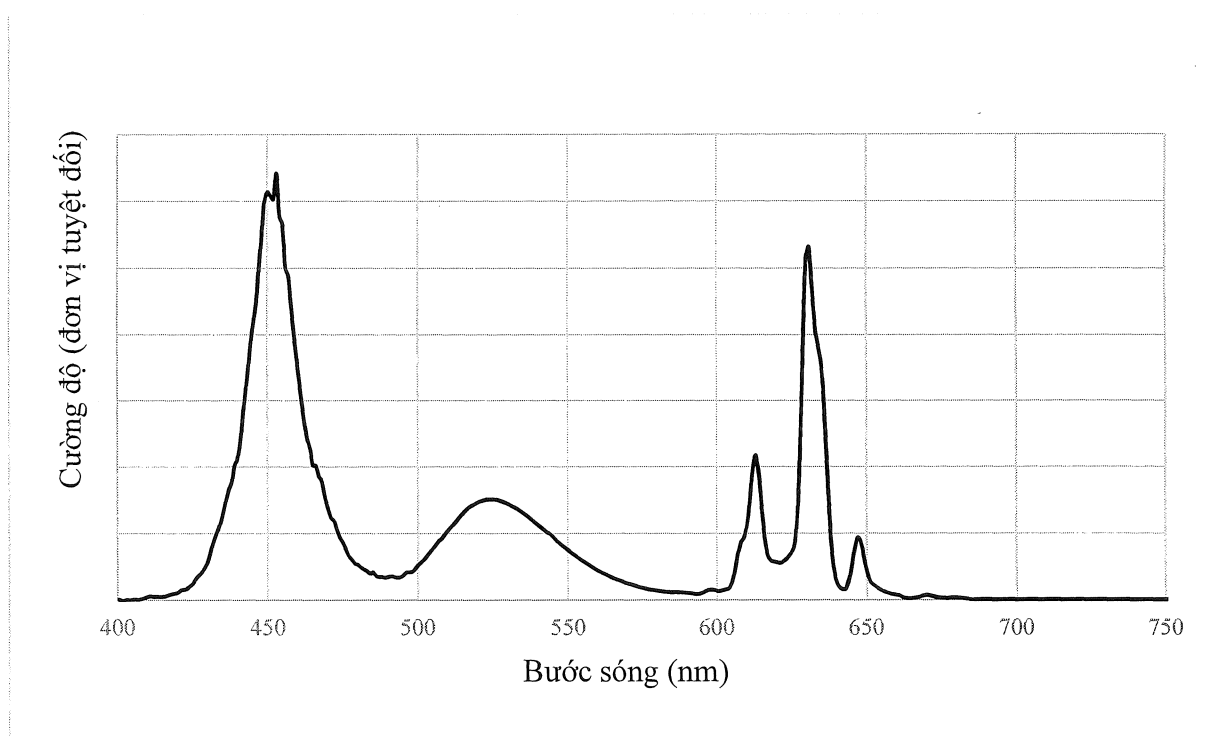


Fig. 18

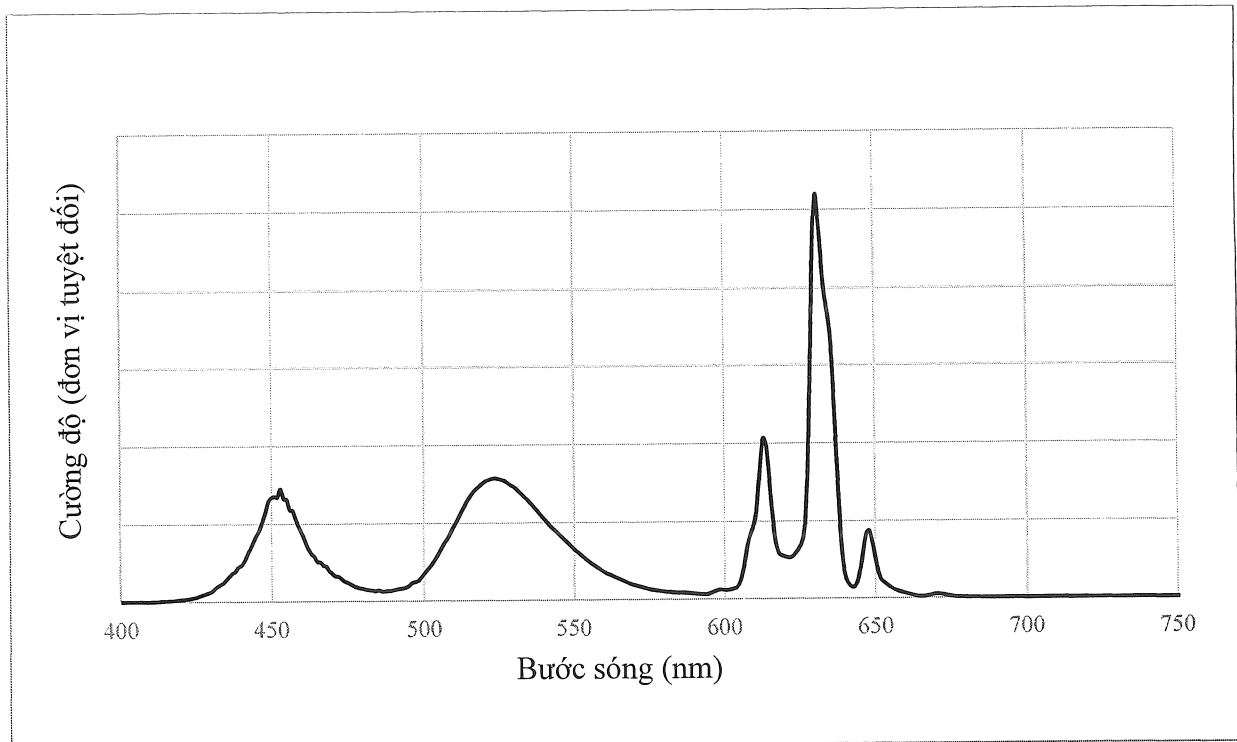


Fig. 19

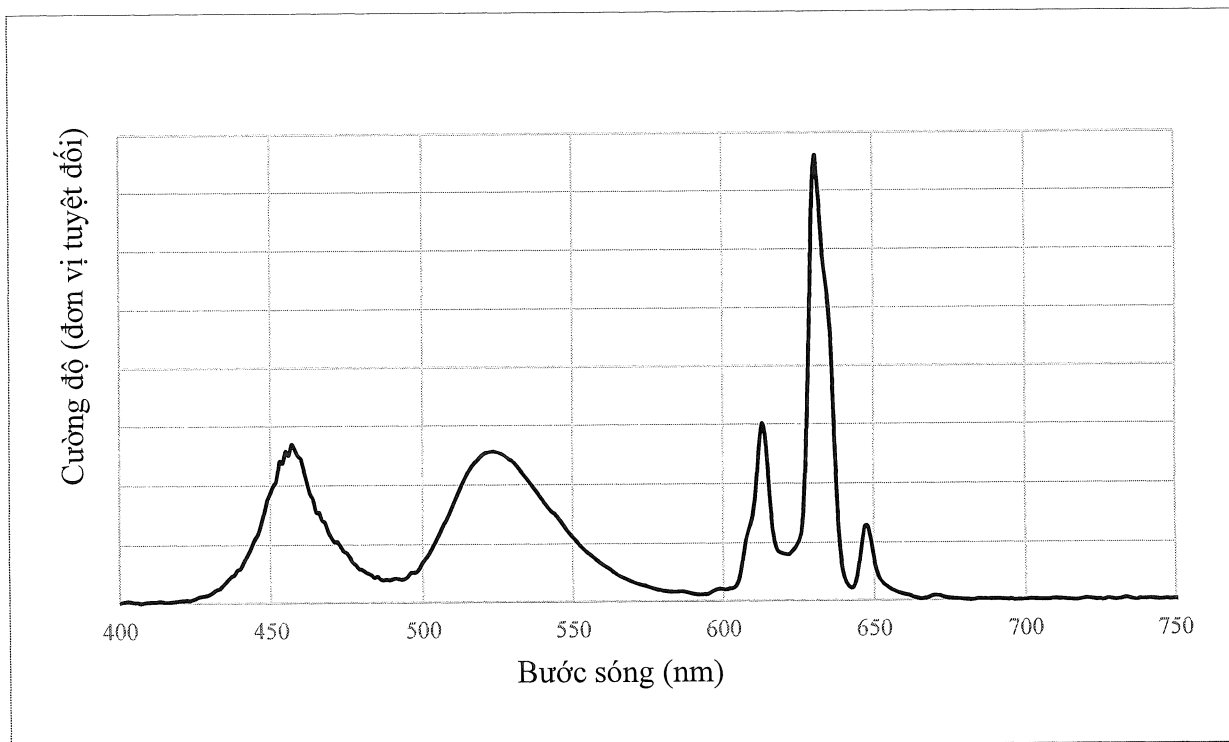


Fig. 20

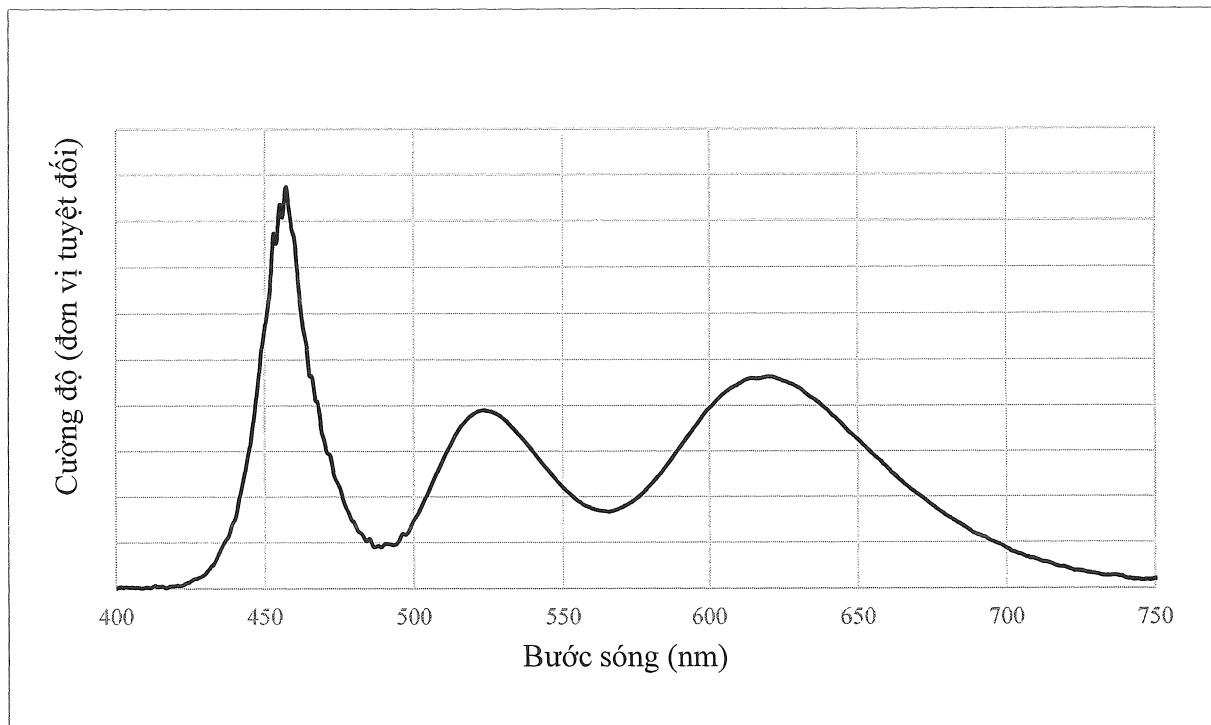


Fig. 21

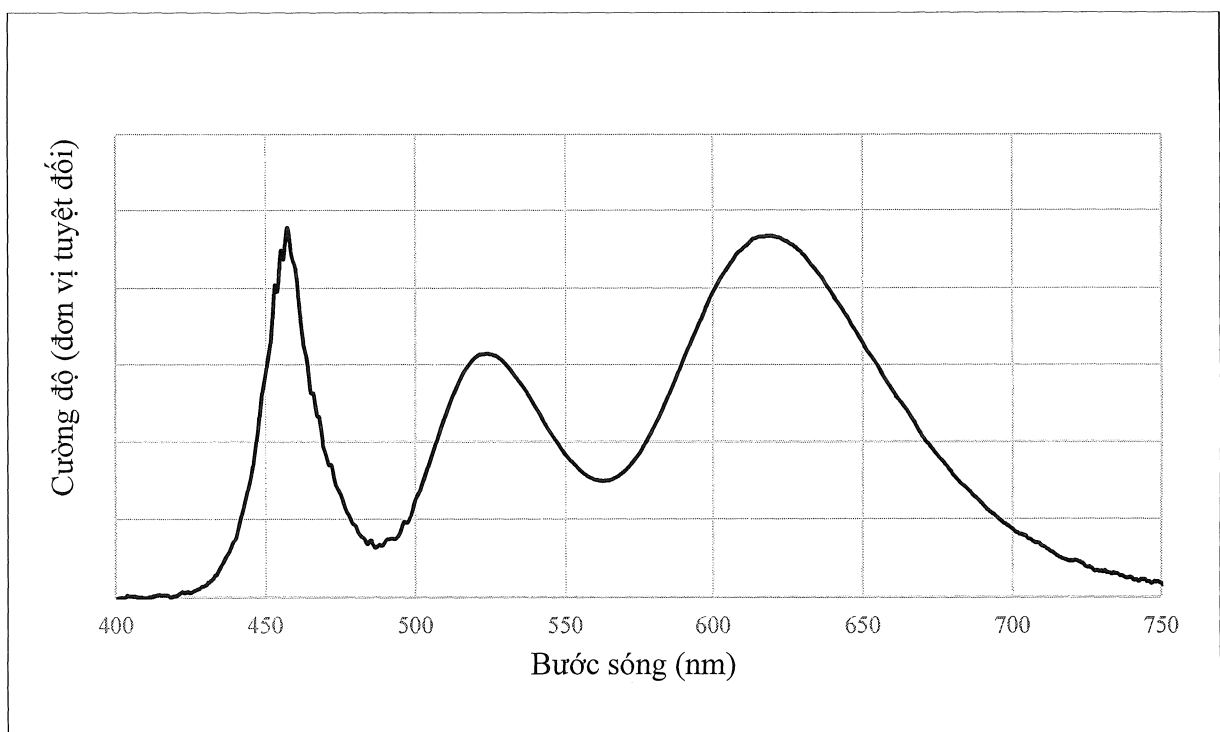


Fig. 22

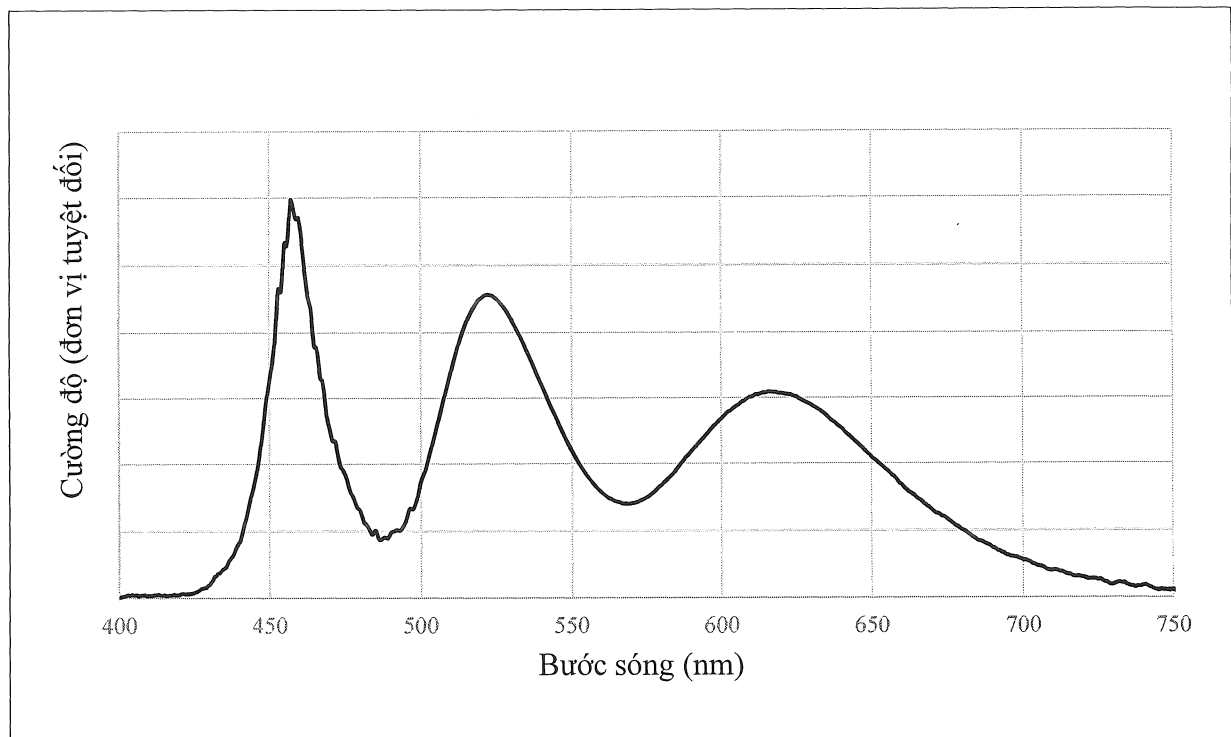


Fig. 23