



(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)



1-0035114

(51)⁷ H01L 51/50

(13) B

(21) 1-2019-05535

(22) 09/10/2019

(45) 27/03/2023 420

(43) 25/02/2020 383A

(73) Trường Đại học Phenikaa (VN)

Phường Yên Nghĩa, quận Hà Đông, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Hữu Tuấn (VN); Dương Anh Tuấn (VN).

(54) THIẾT BỊ PHÁT QUANG LED LAI HÓA HỮU CƠ VÀ VÔ CƠ SỬ DỤNG
CHẤM LƯỢNG TỬ CDSXSE1-X

(57) Thiết bị LED sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) được chế tạo nhằm mục đích tạo ra ánh sáng phát quang có nhiều màu sắc khác nhau sử dụng trong chiếu sáng và hiển thị. Do đặc điểm hợp kim nên các bước sóng ánh sáng phát quang có thể điều chỉnh thông qua việc thay đổi tỉ lệ thành phần tiền chất phản ứng, nhưng không làm thay đổi kích thước của chấm lượng tử. Các thiết bị có màu sắc khác nhau khi kết hợp với nhau sẽ tạo ra ánh sáng đồng nhất và ổn định dựa trên sự tương đồng về kích thước, hiệu suất phát huỳnh quang và độ bền của các chấm lượng tử.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực điện tử và hóa vật liệu, cụ thể là sáng chế đề cập đến thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay các thiết bị LED sử dụng các loại chấm lượng tử có các cấu trúc, màu sắc và kích thước khác nhau đã và đang được nghiên cứu rộng rãi. Trên thế giới đã có một số ứng dụng của LED sử dụng chấm lượng tử trong hiển thị và chiếu sáng, nhưng cũng chỉ dừng lại ở quy mô thử nghiệm trong phòng thí nghiệm. US 20180294414 mô tả quy trình chế tạo thiết bị LED sử dụng các chấm lượng tử CdS , CdSe , ZnSe , InP , PbS , CsPbCl_3 , CsPbBr_3 , CsPbI_3 , CdS/ZnS , CdSe/ZnS , ZnSe , InP/ZnS , PbS/ZnS , $\text{CsPbCl}_3/\text{ZnS}$, $\text{CsPbBr}_3/\text{ZnS}$, và $\text{CsPbI}_3/\text{ZnS}$. Các thiết bị này có nhiều ưu điểm như gam màu cao, tự chiếu sáng, điện áp khởi động thấp, phản ứng nhanh nên hiện tại nó là một hướng nghiên cứu rất tiềm năng và mang tính ứng dụng cao.

Các sản phẩm thực tế hiện nay chỉ sử dụng chấm lượng tử làm các màng quang học để tạo ra các hình ảnh và ánh sáng sắc nét và bão hòa. Ngoài vấn đề về độ bền của chấm lượng tử thì sự chênh lệch kích thước và hiệu suất phát quang đã gây ra một hạn chế rất lớn cho việc ứng dụng của chấm lượng tử trong hiển thị và chiếu sáng. Các chấm lượng tử màu đỏ thường có kích thước lớn, hiệu suất cao và tuổi thọ dài hơn so với các chấm lượng tử màu xanh lục. Do đó khi kết hợp chúng với nhau thì các ánh sáng phát quang là không đồng nhất, tạo ra hình ảnh và ánh sáng chất lượng thấp. Tại Việt Nam vẫn chưa có nghiên cứu nào cụ thể về LED sử dụng chấm lượng tử, đặc biệt là việc áp dụng chúng trong công nghệ chiếu sáng.

Do đó, vẫn có nhu cầu phát triển về loại thiết bị phát quang LED lai hóa trên cơ sở chấm lượng tử cho phép tạo ra được thiết bị phát quang với các chấm lượng tử có kích thước đồng đều và có phổ huỳnh quang tăng được hiệu suất phát quang.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế nhằm mục đích khắc phục các nhược điểm nêu trên, theo đó bằng cách cải tiến chấm lượng tử có cấu trúc dạng $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ với x từ 0 đến 1 ($0 < x < 1$) được bọc bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) để tạo ra thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ đồng nhất tăng hiệu suất phát quang.

Cụ thể sáng chế đề cập đến thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ, trong đó thiết bị này bao gồm đế thủy tinh được phủ lên lớp điện cực anốt, lớp bán dẫn loại p, lớp chấm lượng tử phát quang, lớp bán dẫn loại n và lớp điện cực catốt, trong đó:

- lớp đế thủy tinh đóng vai trò làm lớp nền cho phép ánh sáng được phát ra từ lớp chấm lượng tử phát quang truyền ra ngoài môi trường;

- lớp điện cực anốt trong suốt được chế tạo từ vật liệu ITO, F:SnO_2 (FTO), indium kẽm oxit (IZO), Al:ZnO , indium đồng oxit (ICO) hoặc Cd:ZnO , In_2O_3 có độ dày từ 50 đến 300 nm cho phép ánh sáng truyền qua;

- lớp bán dẫn loại p được chế tạo từ vật liệu N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine (NPB), tris(3-methylphenylphenylamino) triphenylamine (m-MTDATA), poly(9,9'-dioctylfluorene-co-N-(4-butylphenyl) diphenylamine (TFB), poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexyloxy)-1,4-phenylene vinylene] (MEH-PPV), poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene] (MDMO-PPV), PEDOT:PSS, poly-TPD, TPD, poly(N-vinylcarbazole) (PVK), NiO, AlCuO_2 hoặc MoO_3 có độ dày từ 10 đến 100 nm cho phép ánh sáng truyền qua;

- lớp chấm lượng tử phát quang có cấu trúc $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ với x từ 0 đến 1 ($0 < x < 1$) có kích thước khoảng 8nm được bọc bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA);

- lớp bán dẫn loại n được chế tạo từ vật liệu Alq_3 , ZnO , Cs_2CO_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2 hoặc Ta_2O_3 ;

- lớp điện cực catốt được chế tạo từ vật liệu LiF/Al , Al , Cu hoặc Ag ;

trong đó khác biệt ở chỗ:

- các lớp điện cực anốt và lớp điện cực catốt có thể hoán đổi vị trí cho nhau đồng thời lớp bán dẫn loại p và lớp bán dẫn loại n cũng hoán đổi vị trí với độ dày

tương ứng, nhưng vẫn giữ được lớp chấm lượng tử phát quang ở giữa để tạo nên cấu trúc LED ngược; và

- lớp chấm lượng tử phát quang $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ được tổng hợp bằng cách lắng đọng thủy nhiệt hỗn hợp bao gồm cadmium axetat trong tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) với hỗn hợp bao gồm hỗn hợp bột sulfua và selen trong tri(n-octyl)phosphine để tạo chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ có kích thước khoảng 8nm và được bọc phủ bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ sơ đồ mặt cắt ngang của thiết bị phát quang LED sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($0 < x < 1$).

Hình 2 là ảnh chụp kích thước của tấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ sử dụng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM).

Hình 3 là biểu đồ phổ phát quang của chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ màu cam (9) và phổ điện quang của thiết bị LED sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ màu cam (10).

Hình 4 là biểu đồ thể hiện sự phụ thuộc của mật độ dòng điện và độ chói vào điện thế áp dụng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế được mô tả chi tiết với các phương án và các ví dụ thực hiện cụ thể có viện dẫn đến các hình vẽ đi kèm, tuy nhiên các phương án và các ví dụ thực hiện cụ thể này chỉ nhằm làm rõ bản chất của sáng chế chứ không nhằm giới hạn phạm vi yêu cầu bảo hộ của sáng chế.

Sáng chế đề cập đến thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ với sơ đồ cấu trúc như được đề cập trong Hình 1. Thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ theo sáng chế bao gồm đế thủy tinh 1 được phủ lên lớp điện cực anốt 2, lớp bán dẫn loại p 3, lớp chấm lượng tử phát quang 4, lớp bán dẫn loại n 5 và lớp điện cực catốt 6.

Lớp đế thủy tinh 1 đóng vai trò làm lớp nền cho phép ánh sáng được phát ra từ lớp chấm lượng tử phát quang 4 truyền ra ngoài môi trường. Ánh sáng được truyền theo hướng mũi tên từ lớp chấm lượng tử phát quang 4 qua lớp bán dẫn loại p 3, qua lớp điện cực anot 2 để phát ánh sáng ra ngoài môi trường.

Lớp điện cực anot 2 trong suốt được chế tạo từ vật liệu ITO, F:SnO₂ (FTO), indium kẽm oxit (IZO), Al:ZnO, indium đồng oxit (ICO) hoặc Cd:ZnO, In₂O₃ có độ dày từ 50 đến 300 nm cho phép ánh sáng truyền qua.

Lớp bán dẫn loại p 3 được chế tạo từ vật liệu N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine (NPB), tris(3-methylphenylphenylamino) triphenylamine (m-MTDATA), poly(9,9'-dioctylfluorene-co-N-(4-butylphenyl) diphenylamine (TFB), poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexyloxy)-1,4-phenylene vinylene] (MEH-PPV), poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene] (MDMO-PPV), PEDOT:PSS, poly-TPD, TPD, poly(N-vinylcarbazole) (PVK), NiO, AlCuO₂ hoặc MoO₃ có độ dày từ 10 đến 100 nm cho phép ánh sáng truyền qua.

Lớp chấm lượng tử phát quang 4 là lớp quan trọng nhất của thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ. Lớp chấm lượng tử phát quang 4 này có cấu trúc CdS_xSe_{1-x} với x từ 0 đến 1 (0 < x < 1) và có kích thước khoảng 8nm, được bọc bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA).

Chấm lượng tử CdS_xSe_{1-x} là các hạt tinh thể nano có bán kính nhỏ hơn hoặc gần bằng bán kính exciton Bohr và thường có kích thước hạt trong khoảng từ 1 nm đến 10 nm. Các chấm lượng tử có hiệu ứng giam giữ lượng tử và phát huỳnh quang khi các điện tử ở trạng thái kích thích. Hơn nữa, các chấm lượng tử có các đặc tính phát quang độc đáo như phổ kích thích rộng, độ bán rộng của phổ phát xạ hẹp và phổ phát quang có thể điều chỉnh được. Chấm lượng tử là một nhân tố ứng dụng tiềm năng trong các lĩnh vực quang phát quang và điện phát quang. Thiết bị phát quang LED sử dụng chấm lượng tử CdS_xSe_{1-x} có các màu sắc khác nhau làm lớp phát quang, chúng nằm giữa các lớp vật liệu bán dẫn loại n và p và các điện cực. Nguyên lý hoạt động của chấm lượng tử trong thiết bị LED là dựa trên cơ chế điện phát quang.

Lớp chấm lượng tử phát quang $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ theo sáng chế được tổng hợp bằng cách lắng đọng thủy nhiệt hỗn hợp bao gồm cadmium axetat trong tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) với hỗn hợp bao gồm hỗn hợp bột sulfua và selen trong tri(n-octyl)phosphine để tạo chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ có kích thước khoảng 8nm đồng đều và được bọc phủ bởi hỗn hợp phối tử tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA). Hỗn hợp phối tử này cho phép chống lại liên kết treo giữa các chấm lượng tử nhằm hạn chế khả năng bị vón cục, tạo sự phân tán đồng đều, thống nhất trong màng mỏng chấm lượng tử. Đồng thời cho phép tạo liên kết chặt chẽ giữa chấm lượng tử và các lớp kế cận, tạo nên sự phân bố đồng đều các chấm lượng tử trong màng mỏng, góp phần gia tăng khả năng truyền dẫn các điện tử và lỗ trống nhằm đẩy mạnh tái hợp bức xạ bên trong chấm lượng tử.

Lớp bán dẫn loại n 5 được chế tạo từ vật liệu Alq_3 , ZnO , Cs_2CO_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2 hoặc Ta_2O_3 .

Lớp điện cực catốt 6 được chế tạo từ vật liệu LiF/Al , Al , Cu hoặc Ag .

Theo đó, khi điện trường một chiều 7 được cấp, điện tử chạy đến catốt 6 sau đó được bơm vào lớp chấm lượng tử phát quang $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ 4 thông qua lớp bán dẫn loại n 5. Trong thời gian đó, lỗ trống di chuyển về điện cực anốt 2, đi qua lớp bán dẫn loại p 3 vào trong lớp chấm lượng tử 4. Tại lớp chấm lượng tử 4, điện tử và lỗ trống được tái hợp và phát quang. Ánh sáng phát quang 8 phát ra ngoài xuyên qua đế thủy tinh 1 theo hướng mũi tên trên Hình 1.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1. Tổng hợp chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$

Để thử nghiệm sản xuất thiết bị phát quang LED, tiến hành tổng hợp chấm lượng tử phát xạ màu cam $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ (với $x = 0,2$) bằng phương pháp lắng đọng thủy nhiệt. Tiến hành hòa tan 40 mg cadmium axetat với 2,5 mL tri(n-octyl)phosphine (TOP) và 0,5 g hexadecylamine (HDA) vào trong bình thủy tinh 3 cổ chứa môi trường khí nitơ. Tiến hành gia nhiệt lên đến 260°C .

Chuẩn bị hỗn hợp dung dịch bao gồm 20 mg bột sulfur và 8 mg bột selen hòa tan đều trong 1 mL tri(n-octyl)phosphine (TOP) và bơm từ từ vào hỗn hợp ban đầu tại nhiệt độ 260°C nêu trên. Dung dịch phản ứng chuyển dần sang màu vàng. Tiếp

tục duy trì phản ứng trong thời gian 6 giờ và làm nguội đến 50°C. Sản phẩm sau phản ứng được rửa với cồn metanol và quay ly tâm và cuối cùng hòa tan trong dung môi toluen.

Kết quả thu được các chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ màu cam có kích thước trung bình là 8 nm được bọc phủ bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) được hiển thị bằng ảnh chụp của kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) như được thể hiện trên Hình 2.

Ví dụ 2. Đánh giá khả năng phát sáng của thiết bị phát quang LED sử dụng chấm lượng tử

Thiết bị phát quang LED được chế tạo theo sơ đồ như nêu trong Hình 1 có sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ màu cam thu được từ Ví dụ 1. Thiết bị này được chế tạo bao gồm một điện cực anốt trong suốt indium tin oxide (ITO) có chiều dày 200 nm được phủ lên trên để thủy tinh. Lớp bom lỗ trống dày 50 nm được quay phủ từ dung dịch chứa Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) có nồng độ thể tích là 2,4% trong nước khử ion. Lớp truyền lỗ trống dày 20 nm được quay phủ từ dung dịch chứa Poly(N,N'-bis-4-butylphenyl-N,N'-bisphenyl)benzidine (Poly-TPD) có nồng độ là 20 mg/ml trong clorobenzen. Lớp chấm lượng tử dày 20 nm được quay phủ từ dung dịch chứa chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ trong toluen, nồng độ là 10 mg/ml. Lớp truyền điện tử dày 40 nm sử dụng hợp chất hữu cơ Tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum (Alq_3). Lớp bom điện tử LiF có độ dày 0,7 nm. Cuối cùng, điện cực ca tốt Al có chiều dày 100 nm. Các lớp Alq_3 , LiF và Al được lắng đọng bằng phương pháp bốc bay nhiệt.

Kết quả thử nghiệm phổ huỳnh quang được thể hiện trên Hình 3, trong đó cho thấy phổ huỳnh quang 9 của chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ màu cam và phổ điện quang 10 của thiết bị LED sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ màu cam. Các độ bán rộng và đỉnh của phổ huỳnh quang và điện quang đo được không trùng nhau là do sự phân bố của chấm lượng tử trong hai môi trường khác nhau là dung dịch chứa toluen và trong màng mỏng.

Kết quả sự phụ thuộc của mật độ dòng điện 11 và độ chói 12 vào điện thế áp dụng được trình bày trên Hình 4. Theo kết quả thu được các giá trị cực đại của mật độ dòng điện và độ chói tương ứng là 259 mA/cm^2 và 761 cd/m^2 .

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ sử dụng chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ cho phép điều chỉnh bước sóng ánh sáng phát quang thông qua sự thay đổi tỷ lệ thành phần tiền chất phản ứng mà không làm thay đổi kích thước của chấm lượng tử.

Kích thước của chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ thu được bằng cách lắng đọng thủy nhiệt hỗn hợp bao gồm cadmium axetat trong tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) với hỗn hợp bao gồm hỗn hợp bột sulfua và selen trong tri(n-octyl)phosphine để tạo chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($0 < x < 1$) có kích thước đồng đều khoảng 8nm được bọc phủ bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) cho phép tạo ra chấm lượng tử đồng đều với kích thước khoảng 8nm, không bị kết tụ. Điều này cho phép tăng cường hiệu suất lượng tử và độ bền của các thiết bị LED, đồng bộ đối với các ánh sáng phát quang có màu sắc khác nhau.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị phát quang LED lai hóa hữu cơ và vô cơ, trong đó thiết bị này bao gồm để thủy tinh (1) được phủ lên lớp điện cực anốt (2), lớp bán dẫn loại p (3), lớp chấm lượng tử phát quang (4), lớp bán dẫn loại n (5) và lớp điện cực catốt (6), trong đó:

lớp để thủy tinh đóng vai trò làm lớp nền cho phép ánh sáng được phát ra từ lớp chấm lượng tử phát quang (4) truyền ra ngoài môi trường;

lớp điện cực anốt (2) trong suốt được chế tạo từ vật liệu được chọn trong nhóm gồm ITO, F:SnO₂ (FTO), indium kẽm oxit (IZO), Al:ZnO, indium đồng oxit (ICO) hoặc Cd:ZnO, In₂O₃ có độ dày từ 50 đến 300 nm cho phép ánh sáng truyền qua;

lớp bán dẫn loại p (3) được chế tạo từ vật liệu được chọn trong nhóm gồm N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine (NPB), tris(3-methylphenylphenylamino) triphenylamine (m-MTDATA), poly(9,9'-dioctylfluorene-co-N-(4-butylphenyl) diphenylamine (TFB), poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexyloxy)-1,4-phenylene vinylene] (MEH-PPV), poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene] (MDMO-PPV), PEDOT:PSS, poly-TPD, TPD, poly(N-vinylcarbazole) (PVK), NiO, AlCuO₂ hoặc MoO₃ có độ dày từ 10 đến 100 nm cho phép ánh sáng truyền qua;

lớp chấm lượng tử phát quang (4) có cấu trúc CdS_xSe_{1-x} với x nằm trong khoảng từ 0 đến 1 (0<x<1) có kích thước khoảng 8nm và được bọc bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA);

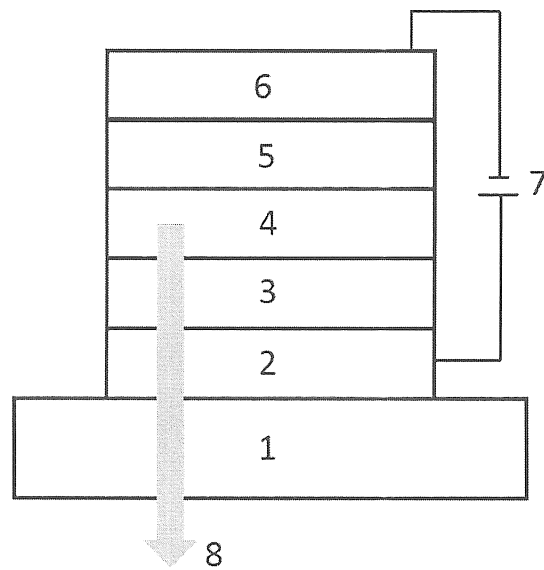
lớp bán dẫn loại n (5) được chế tạo từ vật liệu Alq₃, ZnO, Cs₂CO₃, TiO₂, ZrO₂, SnO₂ hoặc Ta₂O₃;

lớp điện cực catốt (6) được chế tạo từ vật liệu được chọn trong nhóm gồm LiF/Al, Al, Cu hoặc Ag;
khác biệt ở chỗ:

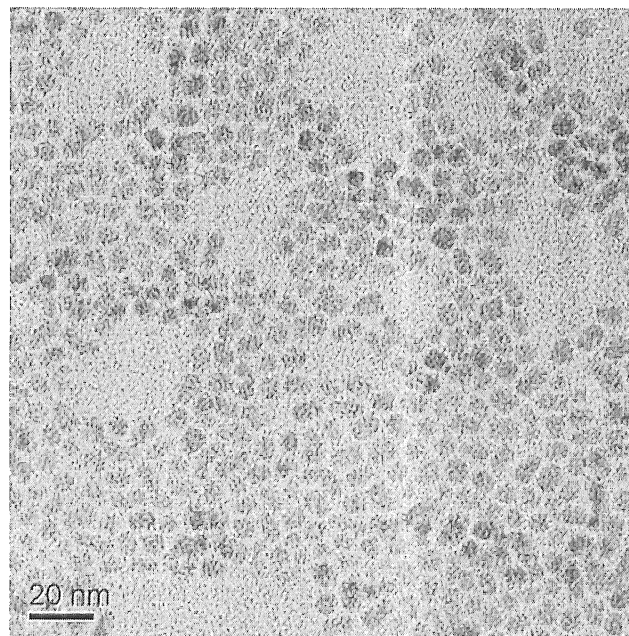
các lớp điện cực anốt (2) và lớp điện cực catốt (6) có thể hoán đổi vị trí cho nhau đồng thời lớp bán dẫn loại p (3) và lớp bán dẫn loại n (5) cũng hoán đổi vị trí với độ dày tương ứng, nhưng vẫn giữ được lớp chấm lượng tử phát quang (4) ở giữa để tạo nên cấu trúc LED ngược; và

lớp chấm lượng tử phát quang $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ được tổng hợp bằng cách lắng đọng thủy nhiệt hỗn hợp bao gồm cadmium axetat trong tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA) với hỗn hợp bao gồm hỗn hợp bột sulfua và selen trong tri(n-octyl)phosphine để tạo chấm lượng tử $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ có kích thước khoảng 8nm được bọc phủ bởi hỗn hợp phối tử bao gồm tri(n-octyl)phosphine (TOP) và hexadecylamine (HDA).

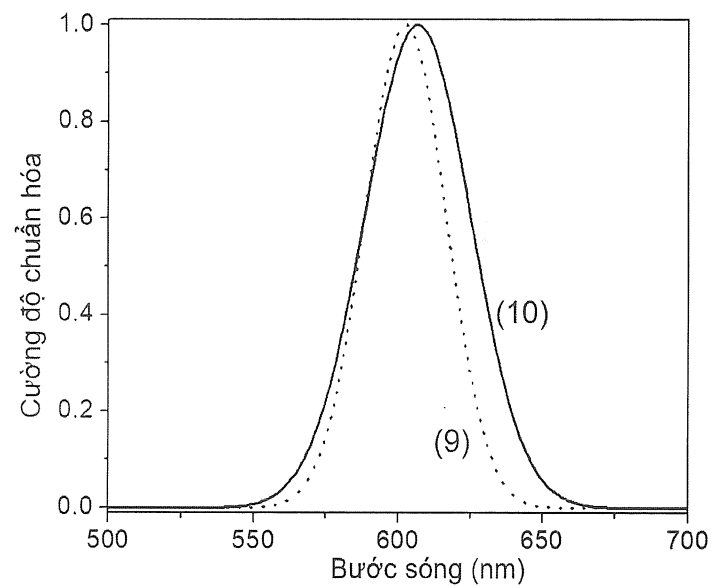
HÌNH 1



HÌNH 2



HÌNH 3



HÌNH 4

