

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ TÍNH CHẤT QUANG CỦA VẬT LIỆU NANO ZnSe1-XSx ĐỒNG PHA TẠP Mn VÀ Cu CHO CÁC ỨNG DỤNG SINH HỌC.

TỔNG QUAN

Cho đến nay, các nano tinh thể và các cấu trúc nano bán dẫn đang tiếp tục chiếm ưu thế trong khoa học nano. Các hiệu ứng lượng tử do kích thước, khả năng thay đổi bước sóng phát xạ, sự tách các hạt tải điện được sinh ra do kích thích quang tại bề mặt tiếp giáp dị chất cho khả năng sử dụng các nano tinh thể và các cấu trúc nano bán dẫn làm đầu dò trong sinh học hoặc ứng dụng trong lĩnh vực chiếu sáng. Bên cạnh đó, do sự thay đổi tính chất phát xạ của các nano tinh thể khi có các phân tử liên kết trên bề mặt hoặc môi trường hóa học bao quanh đã mở ra khả năng ứng dụng chúng trong lĩnh vực sensor và quang điện tử.

Sự pha tạp các vật liệu bán dẫn đơn tinh thể là nhân tố quan trọng và chủ yếu để đạt được các tính chất mong muốn, ví dụ độ dẫn điện loại p, loại n hoặc đạt được mật độ hạt tải thích hợp. Hiện nay, các nghiên cứu đang hướng đến việc pha tạp các nano tinh thể bán dẫn với các kim loại chuyển tiếp như Mn, Cu để điều khiển các tính chất quang và điện của chúng. Các chấm lượng tử bán dẫn, đặc biệt là ZnSe và ZnS, pha tạp Mn và Cu là loại vật liệu huỳnh quang mới. Trong khi Mn cung cấp dải phát xạ có bước sóng thay đổi trong khoảng phổ ngắn thì Cu tạo ra dải phát xạ có thể thay đổi trong một khoảng phổ rộng phụ thuộc vào độ rộng vùng cấm của vật liệu nền. Trong trường hợp pha Mn, cả điện tử và lỗ trống được sinh ra khi kích thích mạng nền sẽ di chuyển đến các trạng thái d của Mn ($6A_1$ và $4T_1$) và tái hợp. Tuy nhiên, trong trường hợp pha Cu, điện tử (hoặc lỗ trống) sẽ di chuyển đến trạng thái Cu, và sự tái hợp xảy ra giữa các trạng thái của ion Cu^{2+} và trạng thái lỗ trống (hoặc trạng thái điện tử) còn lại trong mạng nền. Sự khác nhau trong các quá trình tái hợp này làm thay đổi bản chất phát xạ của chúng (độ rộng phổ, khoảng thay đổi phổ, độ ổn định, cường độ, thời gian sống, ...) và vị trí của dải phát xạ.

So với các nano tinh thể bán dẫn không pha tạp, các nano tinh thể bán dẫn pha tạp kim loại chuyển tiếp có một số ưu điểm nổi bật như sau:

- (i) năng lượng phát xạ bị dịch đỏ đối với năng lượng vùng cấm của mạng nền, và do đó phát xạ tạp chất không bị hấp thụ bởi vật liệu nền;
- (ii) phát xạ Mn trong các hệ pha tạp Mn là do chuyển dời d-d. Đây là chuyển dời bị cấm spin và orbital trong giới hạn ion, và do đó có thời gian sống phát xạ rất dài (khoảng vài trăm msec.);
- (iii) phát xạ của các vật liệu nano pha tạp Cu được quyết định bởi các trạng thái d của ion Cu, và do đó có thể phủ toàn bộ vùng phổ khả kiến;
- (iv) Không chỉ giữ lại được các ưu điểm của chấm lượng tử không pha tạp như quang huỳnh quang mạnh và ổn định về mặt quang học, mà còn khắc phục được các hạn chế của chấm lượng tử trên cơ sở Cadmium như không độc hại đối với hệ sinh học, ổn định tốt đối với nhiệt, hóa học và quang hóa do bản chất của trạng thái phát xạ là giống với trạng thái phát xạ của nguyên tử.

Chính nhờ có thời gian sống huỳnh quang lớn của phát xạ từ các ion kim loại chuyển tiếp nên có thể sử dụng loại vật liệu này làm đầu dò lân quang (ở chế độ quang huỳnh quang phân giải thời gian) tại nhiệt độ phòng để phát hiện enoxacin một cách dễ dàng. Loại đầu dò này có tính chọn lọc cao, giá thành thấp và rất nhạy. Cho đến nay, các chấm lượng tử ZnS pha tạp Mn đã được triển khai để phát hiện DNA, pentachlorophenol, glucose, ascorbic acid, 2,4,6-trinitrotoluene (TNT), protein, và folic acid trong nước. Một trong các ưu điểm của đầu dò lân quang là cho phép phát hiện các chất mà không bị lẫn với ánh sáng phát xạ hay ánh sáng tán xạ của mạng nền.

MỤC TIÊU

- Chế tạo các nano tinh thể $\text{ZnSe}_{1-x}\text{S}_x$ đồng pha tạp Mn và Cu có chất lượng tốt, phát xạ mạnh và bền quang.
- Nghiên cứu sự tương quan giữa các trạng thái tạp chất và vùng cấm của nano tinh thể nền. Giải thích các cơ chế Vật lý liên quan.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường sinh học lên tính chất quang của các nano tinh thể chế tạo được khi kết hợp chúng với DNA của một số loại cây trồng.

NỘI DUNG

- Nghiên cứu chế tạo:
 - (i) các nano tinh thể $\text{ZnSe}_{1-x}\text{S}_x$ với x thay đổi trong khoảng 0 – 1;
 - (ii) các nano tinh thể $\text{ZnSe}_{1-x}\text{S}_x$ đồng pha tạp Mn và Cu với các hàm lượng tạp chất khác nhau.
- Khảo sát ảnh hưởng của điều kiện chế tạo đến các đặc trưng vật lý (hình dạng, cấu trúc tinh thể, kích thước, đặc trưng phonon, tính chất hấp thụ quang và quang huỳnh quang) của các mẫu nano tinh thể $\text{ZnSe}_{1-x}\text{S}_x$ và các mẫu nano tinh thể $\text{ZnSe}_{1-x}\text{S}_x$ đồng pha tạp Mn và Cu.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của: (i) kích thước; (ii) hàm lượng các thành phần hóa học x của nano tinh thể nền đến tính chất phát xạ của các tạp chất.
- Giải thích cơ chế chuyển dời quang trong nano tinh thể 3 thành phần $\text{ZnSe}_{1-x}\text{S}_x$ pha đồng thời 2 loại tạp chất là Mn và Cu.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường sinh học lên tính chất quang của các nano tinh thể chế tạo được.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng phương pháp hóa học để chế tạo mẫu và các phương pháp quang phổ để nghiên cứu tính chất quang của QDs chế tạo được

HIỆU QUẢ KTXH

- Giáo dục, đào tạo:
 - + Phát triển được năng lực nghiên cứu của cán bộ nghiên cứu, giảng viên và sinh viên ngành Vật lý.
 - + Thành lập được nhóm nghiên cứu đa ngành liên kết giữa ngành Vật lý và sinh học của trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên.

ĐƠN VỊ SỬ DỤNG

- Đại học Sư phạm - Đại học Thái nguyên
- Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Thái nguyên