

CHẾ TẠO, NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT QUANG CỦA CHẤM LƯỢNG TỬ BÁN DẪN CUINS₂, CUINS₂/ZNS

TỔNG QUAN

Ngoài nước

Vật liệu phát quang hiệu suất cao trên cơ sở chấm lượng tử bán dẫn hợp chất II-VI như CdSe và CdTe có cấu trúc lõi/vỏ được nghiên cứu mạnh mẽ trong khoảng 2 thập kỷ qua do triển vọng ứng dụng trong các lĩnh vực quang-điện tử, đánh dấu huỳnh quang γ -sinh

Các nghiên cứu tính chất đã được quan tâm thực hiện để làm sáng tỏ các quá trình quang-điện trong các hệ chấm lượng tử bán dẫn nêu trên, làm cơ sở cho việc triển khai ứng dụng. Tuy nhiên, các hệ vật liệu trên đều chứa Cd, là nguyên tố được xem là độc hại khi tích tụ trong cơ thể người. Vì vậy, các lĩnh vực ứng dụng của các chấm lượng tử phát quang chứa Cd bị hạn chế, đặc biệt là những nghi ngại khi sử dụng để đánh dấu huỳnh quang trong đối tượng γ -sinh.

Nhằm tìm kiếm vật liệu không chứa Cd nhưng có thể phát quang hiệu suất cao trong vùng phổ khả kiến với đỉnh phổ điều chỉnh được theo yêu cầu và kích thước vật liệu trong vùng nanô mét (để có thể sử dụng trong đánh dấu huỳnh quang trên đối tượng γ -sinh), một số phòng thí nghiệm thế giới đang tích cực nghiên cứu những hệ vật liệu chấm lượng tử bán dẫn khác nhau. Gần đây, đã có một số công bố về hệ chấm lượng tử bán dẫn ZnSe, là loại vật liệu cùng họ hợp chất II-VI nhưng đã thay Zn cho Cd. Chấm lượng tử bán dẫn ZnSe có thể phát huỳnh quang với hiệu suất cao ~44%. Tuy nhiên, vật liệu bán dẫn khối ZnSe có năng lượng vùng cấm ~2,6 eV, khi có hiệu ứng giam hãm lượng tử thì các chấm lượng tử ZnSe phát quang ở vùng tím-cực tím (với kích thước hạt ~3–6 nm, chấm lượng tử bán dẫn ZnSe phát quang với đỉnh phổ trong khoảng 400–440 nm), không thuận lợi cho những ứng dụng có yêu cầu vật liệu phát quang vùng khả kiến. Vật liệu bán dẫn hợp chất III-V như InP cũng được quan tâm nghiên cứu chế tạo với mục đích làm vật liệu phát quang hiệu suất cao không chứa Cd. Tuy nhiên, để chế tạo được chấm lượng tử InP có chất lượng tinh thể cao, thường phải sử dụng tiền chất chứa P như P(TMS)₃, tris[trimethylsilyl]phosphine, là hoá chất cực độc và rất dễ cháy, rất đắt; và thời gian phát triển tinh thể InP cũng thường kéo dài (vài giờ đến vài ngày). Một số phương pháp chế tạo tinh thể InP kích thước nanô mét đơn giản hơn, sử dụng hoá chất rẻ và thời gian phát triển tinh thể ngắn hơn nhiều đã được nghiên cứu, cho kết quả khả quan về chất lượng tinh thể nhưng có độ sai lệch kích thước (phân bố kích thước) lớn.

Vật liệu bán dẫn hợp chất 3 nguyên tố loại CuIn(S_e/S)₂ (cấu trúc gồm các nguyên tố nhóm I, nhóm III và nhóm VI) có cấu trúc tinh thể rất gần với hợp chất bán dẫn II-VI. Cụ thể, CuInSe₂ có cấu trúc mạng tinh thể lập phương zinc-blende giống như ZnSe, với sự thay thế lần lượt Cu và In vào vị trí của Zn. Tinh thể CuInSe₂ (CuInS₂) có vùng cấm thẳng, độ rộng năng lượng vùng cấm ~1,1 (1,5) eV, được quan tâm nghiên cứu chế tạo dạng màng mỏng để ứng dụng làm pin mặt trời (do CuIn(S_e,S)₂ có khả năng chống chịu các tia vũ trụ, nên được ứng dụng đặc biệt trong các hệ thống thiết bị đặt trong vũ trụ. Pin mặt trời có hiệu suất 18,8% đã được chế tạo trên cơ sở màng mỏng CuIn(S_e/S)₂). Một số kết quả nghiên cứu rất gần đây trên hệ vật liệu CuInS₂ cấu trúc nanô cho thấy ngoài ứng dụng đã rõ ràng là làm vật liệu biến đổi quang-điện trong pin mặt trời, nó còn có triển vọng làm vật liệu phát quang trong vùng phổ vàng cam-đỏ với hiệu suất huỳnh quang cao. Thực tế, có thể điều khiển các chuyển dời điện tử tương ứng với huỳnh quang trong vùng phổ khả kiến sóng dài (~570–750 nm), trên cơ sở hiệu ứng giam hãm lượng tử. Các nghiên cứu về hệ vật liệu bán dẫn hợp chất ba nguyên tố CuIn(S_e/S)₂ có cấu trúc tinh thể nanô còn rất mới mẻ, nhưng đã cho thấy triển vọng ứng dụng của chúng, đặc biệt như là loại vật liệu phát quang hiệu

suất cao không chứa nguyên tố độc hại như Cd.

Trong nước

Việc nghiên cứu công nghệ chế tạo và cấu trúc, tính chất quang của các chấm lượng tử bán dẫn II-VI đã được thực hiện trong dăm năm gần đây tại một số viện nghiên cứu và trường đại học .

Vật liệu CuInSe_2 dạng màng mỏng, chế tạo bằng phương pháp điện hoá nhằm ứng dụng trong pin mặt trời, đã được quan tâm nghiên cứu ở Viện Khoa học Vật liệu ít năm trước đây, cho phép thu nhận được một số thông tin liên quan về vật liệu và kinh nghiệm bước đầu. Một số kết quả nghiên cứu gần đây về công nghệ chế tạo và cấu trúc, tính chất quang của các chấm lượng tử bán dẫn hợp chất ba nguyên $\text{CuIn}(\text{Se/S})_2$ có cấu trúc nano. Đây là hệ vật liệu tiên tiến, có nhiều vấn đề khoa học cơ bản cần được nghiên cứu, hiểu rõ; có triển vọng ứng dụng.

Hơn nữa, Phòng Vật liệu Quang điện tử, Viện Khoa học Vật liệu, nơi công tác của người đề xuất đề tài, gần đây đã triển khai thăm dò chế tạo chấm lượng tử CuInS_2 (CIS) trong một số dung môi khác nhau. Kết quả ban đầu về chế tạo chấm lượng tử bán dẫn CIS trong dung môi diesel (thay thế cho dung môi hữu cơ octadecene - được dùng phổ biến trong chế tạo các chấm lượng tử bán dẫn khác nhau, đắt hơn diesel rất nhiều) cho thấy có thể chế tạo CIS với lượng lớn, giá thành hạ, đáp ứng yêu cầu thực tế khi cần ứng dụng vật liệu này trong chế tạo pin mặt trời hay trong linh kiện phát quang.

Vì vậy, đề xuất thực hiện đề tài "Chế tạo và nghiên cứu tính chất quang của chấm lượng tử bán dẫn hợp CuInS_2 và $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ ", chúng tôi hy vọng có thể mở ra một hướng nghiên cứu về vật liệu bán dẫn mới không chứa Cd, có hiệu suất chuyển đổi quang-điện cao, có triển vọng ứng dụng làm vật liệu chuyển đổi năng lượng quang-điện trong hệ pin mặt trời thế hệ mới, cũng như làm vật liệu phát huỳnh quang trong linh kiện chiếu sáng rắn.

MỤC TIÊU

- Chế tạo chấm lượng tử bán dẫn hợp chất ba nguyên tố CuInS_2 , $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ bằng phương pháp phản ứng hóa học trong dung môi có nhiệt độ sôi cao. Tối ưu hoá quy trình công nghệ chế tạo các chấm lượng tử bán dẫn chất lượng tốt.
- Phân tích cấu trúc và hình thái bề mặt của vật liệu thu được bằng phổ nhiễu xạ tia X, ảnh hiển vi điện tử truyền qua (TEM)... Nghiên cứu tính chất quang của vật liệu thu được bằng phổ hấp thụ, phổ huỳnh quang, phổ huỳnh quang phân giải thời gian.... Đi sâu nghiên cứu cơ chế phát quang của vật liệu.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện chế tạo tới kích thước và tính chất quang của chúng.

NỘI DUNG

1. Sử dụng các phương pháp hoá lý để nghiên cứu quy trình công nghệ chế tạo tinh thể hợp chất bán dẫn CuInS_2 có kích thước nano mét dưới dạng bột và dung dịch keo (colloidal). Hai loại cấu trúc lõi (core) và lõi/vỏ (core/shell) được quan tâm nghiên cứu chế tạo: lõi tinh thể CuInS_2 có kích thước < 8 nm, cho phép phát quang vùng phổ khả kiến; vỏ ZnS được chế tạo nhằm thụ động hoá các sai hỏng bề mặt của lõi tinh thể nano và bảo vệ để tinh thể lõi không bị phá huỷ trong quá trình sử dụng lâu dài.

2. Sử dụng các phương pháp vật lý (EDX, XRF) để phân tích nguyên tố thành phần, xác định mức độ hợp thức của vật liệu lõi CuInS_2 cũng như vỏ ZnS; Sử dụng các phương pháp hiển vi điện tử truyền qua TEM, nhiễu xạ tia X để nghiên cứu vi hình thái, xác định kích thước hạt, chất lượng tinh thể của các chấm lượng tử.

3. Sử dụng kết hợp các phương pháp quang phổ (hấp thụ, huỳnh quang, huỳnh quang phân giải

thời gian...) để nghiên cứu tính chất quang của chấm lượng tử CuInS_2 chế tạo được. Đặc biệt, quan tâm nghiên cứu các chuyển dời/tái hợp điện tử-lỗ trống liên quan tới các sai hỏng/bất hợp thức mạng, qua đó xác định ảnh hưởng của điều kiện công nghệ lên tính chất quang cũng như cơ chế phát quang trong chấm lượng tử CIS.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu là phương pháp thực nghiệm, kết hợp với lý thuyết nhằm lý giải các kết quả thực nghiệm.

Các phương pháp thực nghiệm sẽ được sử dụng:

- * Phương pháp chế tạo: Phương pháp hóa sử dụng dung môi hữu cơ có nhiệt độ sôi cao.
- * Phương pháp khảo sát hình dạng, cấu trúc tinh thể và các tính chất quang phổ:
 - Hiển vi điện tử truyền qua TEM
 - Nhiễu xạ tia X
 - Phổ hấp thụ

Phổ huỳnh quang

HIỆU QUẢ KTXH

Việc thực hiện đề tài sẽ tạo điều kiện để các cán bộ giảng dạy được cập nhật với các vấn đề khoa học thời sự hiện nay trên thế giới, cũng như tự đào tạo để nâng cao năng lực nghiên cứu, và đặc biệt sẽ giúp cho chủ nhiệm đề tài có điều kiện để thực hiện tốt hơn luận án tiến sĩ của mình

ĐƠN VỊ SỬ DỤNG