

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung

Tên đề tài: Nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu ứng plasmon bề mặt của các hạt nano vàng lên sự phát xạ của chất phát huỳnh quang trong truyền năng lượng FRET định hướng cho các ứng dụng cảm biến sinh học

Mã số: B2019-TNA-07

Chủ nhiệm đề tài: TS. Phạm Mai An

Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Sư phạm – ĐH Thái Nguyên

Thời gian thực hiện theo thuyết minh: 03/2019 - 06/2022.

2. Mục tiêu

- Nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu ứng plasmon bề mặt của các hạt nano vàng lên sự phát xạ của chất phát huỳnh quang trong các thí nghiệm truyền năng lượng FRET định hướng cho các ứng dụng cảm biến sinh học
- Nghiên cứu ứng dụng của hiệu ứng plasmon đối với một số cấu trúc nano carbon ứng dụng dẫn thuốc

3. Tính mới và sáng tạo

Ảnh hưởng của các hạt nano kim loại, đặc biệt là các hạt nano vàng lên quá trình phát quang của phân tử chất màu trước tiên được nghiên cứu với vai trò làm acceptor (chất nhận) trong các thí nghiệm truyền năng lượng cộng hưởng huỳnh quang (FRET) để ứng dụng làm cảm biến sinh học. Trong vùng ánh sáng nhìn thấy các hạt nano vàng có hiệu ứng cộng hưởng plasmon với hệ số dập tắt lớn, cường độ tán xạ mạnh cùng với cường độ tín hiệu ổn định nên chúng là các nhân tố dập tắt hiệu quả cho các thí nghiệm FRET. Ngoài sự dập tắt huỳnh quang, tương tác giữa các hạt nano vàng và chất phát quang còn cho sự tăng cường huỳnh quang. Nhìn chung, sự tăng cường hay dập tắt huỳnh quang của chất phát quang bởi các hạt nano vàng còn được điều khiển bằng khoảng cách giữa chất phát quang và hạt nano vàng và do đó kết quả tăng cường hay dập tắt huỳnh quang phụ thuộc nhiều vào cấu hình quang học.

Cộng hưởng plasmon bề mặt đã tự thiết lập như một công cụ cảm biến quang học hướng tới các ứng dụng trong khoa học đời sống như giám sát môi trường, chẩn đoán lâm sàng, phát triển dược phẩm và đảm bảo an toàn thực phẩm. Việc nghiên cứu hiệu ứng cộng hưởng plasmon bề mặt của các cấu trúc nano kim loại điển hình là các hạt nano vàng trong thí nghiệm truyền năng lượng FRET cho các ứng dụng cảm biến sinh học làm tăng độ nhạy cảm biến.

Ngoài ra, ứng dụng của hiệu ứng plasmon bề mặt còn được nghiên cứu đối với sự dẫn truyền thuốc.

4. Kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu tổng quan tính chất quang của các hạt nano vàng – hiệu ứng cộng hưởng plasmon bề mặt và ảnh hưởng của hiệu ứng plasmon bề mặt của các hạt nano vàng lên tính chất phát xạ của các chất phát quang bao gồm hạt nano silica và các chấm lượng tử dùng trong lĩnh vực đánh dấu huỳnh quang.

Nghiên cứu sự truyền năng lượng giữa các chất phát quang và các hạt nano vàng trong các điều kiện khác nhau về kích thước và nồng độ hạt; khảo sát các ảnh hưởng lên hiệu suất và khoảng cách truyền năng lượng; điều kiện để có sự tăng cường và dập tắt huỳnh quang của dung dịch các chất phát quang khi có mặt các hạt nano vàng định hướng làm cảm biến dựa trên tương tác FRET giữa chúng.

5. Thay đổi so với thuyết minh ban đầu

Do ảnh hưởng của dịch covid, một số phép đo thực nghiệm chưa thực hiện được. Ngoài nghiên cứu hiệu ứng truyền năng lượng giữa các chất phát quang và các hạt nano vàng, dựa trên năng lực của nhóm nghiên cứu, nhóm thực hiện thêm các nội dung về chế tạo chấm lượng tử và các chấm lượng tử bọc silica cho các thí nghiệm truyền năng lượng và nghiên cứu ứng dụng của hiệu ứng plasmon bề mặt trong dẫn truyền thuốc, đồng thời tiếp cận một số vật liệu đa sắt điện từ.

6. Sản phẩm

6.1. Sản phẩm khoa học

1. **Phạm Mai An**, Lục Thị Tuyền, **Lê Tiến Hà**, Phạm Minh Tân, Meephonevanh Vaxayneng, Nguyễn Thị Hương, **Chu Việt Hà** Quang phổ phát xạ của chất màu cyanine ảnh hưởng bởi tính chất plasmonic của các hạt keo nano vàng, Tạp chí Khoa học và Công nghệ ĐHTN, 2020, 225 (14), p 23 – 32 (ACI)
2. Anh D Phan, Nguyen K Ngan, Do T Nga, Nam B Le, **Chu Viet Ha**, Tailoring Drug Mobility by Photothermal Heating of Graphene Plasmons, Physica Status Solidi (RRL)–Rapid Research Letters, 2022, 16 (4) 2100496, (ISI, Q1, IF = 2.81).
3. C.A. Tuan, V.H. Yen, K.C. Cuong, **N.T.M. Thuy**, **P.M. An**, N.T.B. Ngoc, D.T. Hue, A. Xayyadeth, Y. Peng, N.N. Le, N.T.K. Van, **L.T. Ha**, N.T. Kien, **C.V. Ha**, Optical properties and energy transfer mechanism of Eu³⁺, Ce³⁺ doped and co-doped ZnS quantum dot, Journal of Luminescence, 2021, Elsevier publishing, ScienceDirect, Vol 236, 118106, (ISI, Q2, IF = 3.599)
4. Chu Anh Tuan, Vu Thi Kim Lien, Nguyen Thi Hang Nga, Nguyen Ngoc Le, Nguyen Thi Bich Ngoc, Ngo Van Hoang, **Chu Viet Ha**, “Effect of electric neutralizer (aptes) on optical properties of silica nanoparticules containing CdSe/CdS quantum dots”, Advances in Optics, Photonics, Spectroscopy & Applications XI 2021, 153 -159.

5. **L.T.Ha**, C.T.A.Xuan, K.T.Tam, N.D.Co, B.M.Quy, N.V.Dang, P.T.Phong, P.D.Thang, N.D.Long, **P.M.An**, N.D.Vinh, P.T.Tho, Interplay of multiple structural phase and magnetic response of $\text{Bi}_{1-x}\text{Pr}_x\text{FeO}_3$ ceramics, *Ceramics International*, Available online 20 July 2022

6.2. Sản phẩm đào tạo

1. Đỗ Chí Nghĩa, Mô hình lý thuyết và mô phỏng tính chất plasmonic của một số cấu trúc nano ứng dụng trong quang nhiệt và cảm biến sinh học, luận án tiến sĩ năm 2020.
2. Lục Thị Tuyền, Ảnh hưởng của hiệu ứng plasmon bề mặt của các hạt nano vàng kích thước 20 nm lên sự phát xạ của dung dịch chất màu Rhodamine, luận văn Thạc sĩ, năm 2020.
3. Meephonevanh Vaxayneng, Nghiên cứu tính chất phát xạ của chất phát quang trên màng nano bạc để xác định các plasmonic hoạt động, luận văn Thạc sĩ, năm 2020.
4. Nguyễn Ngọc Thạch, Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và bề mặt plasmonic lên độ linh động của thuốc và các mô sinh học bằng phương pháp mô hình hóa, luận văn Thạc sĩ, năm 2021.

6.3. Sản phẩm ứng dụng

- Thí nghiệm khảo sát truyền năng lượng với dung dịch phát quang và các hạt nano vàng

- 05 mẫu chất dung dịch chất màu và hạt nano vàng có hiệu ứng FRET với các thông số cụ thể (bước sóng phát xạ, kích thước hạt, điều kiện cộng hưởng, hiệu suất truyền)

- Mô hình lý thuyết giải thích hiện tượng tương tác truyền năng lượng trong mẫu nghiên cứu.

7. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu.

Kết quả của đề tài được sử dụng trong đào tạo cử nhân và sau đại học tại khoa Vật Lý trường Đại học Sư phạm - Đại học Thái Nguyên và định hướng cho các nghiên cứu ứng dụng quang - y sinh

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information

Project title: Study on CdS and CdSe quantum dots prepared in citrate aqueous solution for biological labeling.

Code: B2019-TNA-07

Coordinator: Pham Mai An, PhD

Implementing institution: Thai Nguyen University

Implementing institution: Thai Nguyen University

Duration: From March 2019 to June 2022

2. Objectives

- Studying the effect of surface plasmon effect of gold nanoparticles on fluorescence emission in directed FRET energy transfer experiments for biosensor applications

- Research on the application of the plasmon effect to some carbon nanostructures for drug delivery applications.

3. Creativeness and innovativeness

The influence of metal nanoparticles, especially gold nanoparticles, on the luminescence of pigment molecules was first studied as an acceptor in fluorescent resonance energy transfer (FRET) experiments for biosensor applications. In the visible light region, gold nanoparticles have a plasmon resonance effect with a significant quenching coefficient, vigorous scattering intensity, and stable signal intensity, so they are effective quenching factors for experiments. FRET. In addition to the fluorescence quenching, the interaction between the gold nanoparticles and the luminescence enhanced fluorescence. In general, the fluorescence enhancement or quenching of the fluorescence by gold nanoparticles is also controlled by the distance between the luminescence and the gold nanoparticles. Thus, the fluorescence enhancement or quenching results are highly dependent on the optical configuration. Surface plasmon resonance has established itself as an optical sensing tool for life science applications such as environmental monitoring, clinical diagnostics, pharmaceutical development, and food safety. Studying the surface plasmon resonance effect of metal nanostructures, typically gold nanoparticles in the FRET energy transfer experiment for biosensor applications, increases the sensing sensitivity. In addition, the application of the surface plasmon effect has been investigated for drug delivery.

4. Research results

Overview of optical properties of gold nanoparticles – surface plasmon resonance effect and the effect of surface plasmon effect of gold nanoparticles on the emission properties of luminescent substances, including silica nanoparticles and quantum dots, are used in the field of fluorescent markers.

Studying the energy transfer between luminescent substances and gold nanoparticles under different conditions of particle size and concentration;

investigating the effects on efficiency and power transmission distance; conditions for fluorescence enhancement and quenching of solutions of luminescent substances in the presence of oriented gold nanoparticles as sensors based on the FRET interaction between them.

Note: Due to the impact of the covid epidemic, some experimental measurements could not be made. Based on the research team's capacity, the team further implemented quantum dot generation experiments for energy transfer experiments and studied the application of the surface plasmon effect in drug delivery.

5. Products

5.1. Science products

1. **Phạm Mai An**, Lục Thị Tuyền, **Lê Tiến Hà**, Phạm Minh Tân, Meephonevanh Vaxayneng, Nguyễn Thị Hương, **Chu Việt Hà** Quang phổ phát xạ của chất màu cyanine ảnh hưởng bởi tính chất plasmonic của các hạt keo nano vàng, Tạp chí Khoa học và Công nghệ ĐHTN, 2020, 225 (14), p 23 – 32 (ACI)
2. Anh D Phan, Nguyen K Ngan, Do T Nga, Nam B Le, **Chu Viet Ha**, Tailoring Drug Mobility by Photothermal Heating of Graphene Plasmons, Physica Status Solidi (RRL)–Rapid Research Letters, 2022, 16 (4) 2100496, (ISI, Q1, IF = 2.81).
3. C.A. Tuan, V.H. Yen, K.C. Cuong, **N.T.M. Thuy**, **P.M. An**, N.T.B. Ngoc, D.T. Hue, A. Xayyadeth, Y. Peng, N.N. Le, N.T.K. Van, **L.T. Ha**, N.T. Kien, **C.V. Ha**, Optical properties and energy transfer mechanism of Eu³⁺, Ce³⁺ doped and co-doped ZnS quantum dot, Journal of Luminescence, 2021, Elsevier publishing, ScienceDirect, Vol 236, 118106, (ISI, Q2, IF = 3.599)
4. Chu Anh Tuan, Vu Thi Kim Lien, Nguyen Thi Hang Nga, Nguyen Ngoc Le, Nguyen Thi Bich Ngoc, Ngo Van Hoang, **Chu Viet Ha**, “Effect of electric neutralizer (aptes) on optical properties of silica nanoparticules containing CdSe/CdS quantum dots”, Advances in Optics, Photonics, Spectroscopy & Applications XI 2021, 153 -159.
5. **L.T.Ha**, C.T.A.Xuan, K.T.Tam, N.D.Co, B.M.Quy, N.V.Dang, P.T.Phong, P.D.Thang, N.D.Long, **P.M.An**, N.D.Vinh, P.T.Tho, Interplay of multiple structural phase and magnetic response of Bi_{1-x}Pr_xFeO₃ ceramics, Ceramics International, Available online 20 July 2022

5.2. Training results

1. Do Chi Nghia, Theoretical model and simulation of plasmonic properties of some nanostructures applied in photothermal and biosensors, PhD thesis 2020. 2.
2. Luc Thi Tuyen, Effect of surface plasmon effect of 20 nm gold nanoparticles on the emission of Rhodamine pigment solution, Master thesis, 2020.
3. Meephonevanh Vaxayneng, Research on emission properties of luminescent substances on silver nano-films to determine active plasmonics, Master thesis, 2020.
4. Nguyen Ngoc Thach, Study on the influence of temperature and plasmonic surface on the mobility of drugs and biological tissues by modeling method, Master thesis, 2021.

5.3. Application procdue

- Experiment to investigate energy transfer with the luminescent solution and gold nanoparticles

- 05 samples of pigment solution and gold nanoparticles with FRET effect with specific parameters (emission wavelength, particle size, resonance condition, transmission efficiency)

- Theoretical model to explain the phenomenon of energy transfer interaction in the research sample.

6. Transfer alternatives, application institutions, impacts and benefits of research results

- The research results of the project can be applied directly to the fluorescent marking of biological objects such as antibodies, bacteria, etc., contributing to the development of the direction of bio-nanotechnology in our country.

- The research results are also reference for undergraduate and graduate students in the field of Solid State Physics and Optics - Spectroscopy, and Biological imaging.