

## ВЛИЯНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ НАНОЧАСТИЦЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКОЙ НА ДЕЗАКТИВАЦИЮ ВОЗБУЖДЕННОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКИ

Т.М. Чмерева, М.Г. Кучеренко, Ф.Ю. Мушин

*Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия*

Теоретически исследовано плазмон-экситонное взаимодействие между сферической наночастицей с диэлектрическим ядром и металлической оболочкой и квантовой точкой, находящейся в режиме сильного или слабого конфинмента. Рассчитаны скорость безызлучательного переноса энергии электронного возбуждения от квантовой точки к наночастице и скорость спонтанного излучения квантовой точки в присутствии наночастицы. Показано, что при радиусах ядра наночастицы, для которых частота плазмонного колебания совпадает с частотой электронного перехода в квантовой точке, скорости излучательного и безызлучательного процессов резко возрастают. Изучена кинетика обмена энергией между наночастицей и квантовой точкой и установлены значения параметров рассматриваемой системы, при которых кинетика имеет характер затухающих колебаний.

**Ключевые слова:** *слоистая плазмонная наночастица, локализованный плазмон, сферическая квантовая точка, плазмон-экситонное взаимодействие, расщепление Раби.*

### Введение

В современных исследованиях проблеме трансформации энергии электронного возбуждения в гибридных системах, состоящих из плазмонных наночастиц (НЧ) и квантовых точек (КТ), уделяется достаточно много внимания в связи с широкой перспективой использования таких систем в оптоэлектронных устройствах нового поколения: сенсорах и датчиках, нанолазерах, оптических наноантеннах. Уникальные оптические свойства металлических НЧ обусловлены локализованными плазмонами, представляющими собой коллективные колебания электронов проводимости. Наличие таких колебаний приводит к усилению электрического поля внутри и вне НЧ по сравнению с полем падающей световой волны. Усиленное ближнее поле влияет на оптические свойства квантовых излучателей: атомов, молекул и КТ, помещенных в него. В ближнем поле может наблюдаться разгорание или затухание люминесценции, усиление оптического поглощения, изменение скорости межмолекулярного безызлучательного переноса энергии [1–5].

В последние годы появилось большое количество работ, посвященных влиянию плазмонной НЧ на излучательные и безызлучательные переходы электрона в КТ, а также формированию гибридных плазмон-экситонных состояний. Авторы работы [6] наблюдали усиление интенсивности флуоресценции аллоидных КТ (ZnCdSeS) в присутствии золотой НЧ. Эффект был обнаружен в растворах синтезированных гибридных структур, состоящих из КТ, прикрепленных с помощью макромолекулярных линкеров к золотой НЧ. По мнению авторов, такие гибридные структуры могут найти применение в области биологической визуализации. Влияние монодисперсных НЧ типа ядро – оболочка Ag/SiO<sub>2</sub> на фотoluminesценцию КТ (CdSe/ZnS), возбуждаемых лазером на длине волны, соответствующей плазмонному резонансу в НЧ, было обнаружено в работе [7]. Авторами установлено, что интенсивность люминесценции КТ в композитной системе, состоящей из слоя НЧ, покрытого слоем КТ, увеличивается почти на порядок. В работе [8] для расчета скоростей спонтанного излучения двухкомпонентной системы «полупроводниковая КТ – плазмонная НЧ» и безызлучательного переноса энергии от КТ к НЧ предложена модель, в которой индуцированный дипольный момент НЧ вычисляется с учетом неоднородного характера электрического поля, создаваемого электронно-возбужденной КТ. В результате на спектральной зависимости скорости переноса энергии от КТ к НЧ в дополнение к дипольным полосам образуются полосы мультипольных переходов более высокого порядка.

Оптические свойства КТ, связанной с металлической НЧ, теоретически исследовались в работе [9] с использованием фотонной функции Грина. Авторы показали, что при близком расположении КТ от поверхности НЧ, несмотря на значительные безызлучательные распады, в спектре спонтанного излучения дальнего поля наблюдается триплет резонансов, характерный для режима сильной плазмон-экситонной связи. Оптический отклик КТ вблизи плазмонной НЧ в сильном переменном электрическом поле изучался в работах [10, 11] в рамках формализма матрицы плотности двухуровневой схемы. Авторы [10] обнаружили, что в случае сильного плазмон-экситонного

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>