

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В СИСТЕМАХ CdSe И CdTe

© 2011 г. А. В. Савельева* **; Shane Gallagher*; Yurii Gun'ko*, PhD;
А. В. Баранов**, доктор физ.-мат. наук

* School of chemistry, Trinity College Dublin, Dublin, Ireland

** Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий,
механики и оптики, Санкт-Петербург

E-mail: anna.tomsk@gmail.com

В работе исследуются взаимодействия в системах CdTe- и CdSe-квантовых точек. В системе CdTe-квантовых точек обнаружено формирование агрегатов, и есть признаки того, что их структура упорядочена. Для CdSe-квантовых точек рассмотрено влияние стабилизатора на оптические характеристики их раствора.

Ключевые слова: CdTe- и CdSe-квантовые точки, органическая оболочка, хиральные молекулы, оптические свойства квантовых точек, люминесценция, спектроскопия.

Коды OCIS: 300.6280

Поступила в редакцию 13.11.2010

Введение

Коллоидные квантовые точки (КТ) – сферические полупроводниковые нанокристаллы, синтезируемые методами коллоидной химии [1]. Нанокристаллы с размерами меньше боровского радиуса экситона в материале обладают рядом уникальных физических характеристик, и их свойства кардинально отличаются от свойств объемных материалов. Полупроводниковые КТ представляются перспективным материалом для использования в различных прикладных и научных областях, например, в фотонике, микро- и нанoeлектронике, биологии, медицине.

Постановка эксперимента

Было проведено две серии экспериментов, направленных на изучение поведения двух различных систем КТ. Первая система – отрицательно и положительно заряженные CdTe-КТ, стабилизированные тиогликолевой кислотой и β-меркаптоэтиламиноом соответственно. Вторая система – CdSe-КТ, поверхность которых покрыта хиральными молекулами пенициллина (L- и D-пеницилламин).

Синтез CdTe-КТ осуществлялся методом, описание которого можно найти в работе [2]. CdSe-КТ были получены в результате нагрева исходных растворов солей Cd и Se микровол-

новым излучением, в качестве стабилизаторов использовались L- и D-энантиомеры пенициллина. Для анализа взаимодействия частиц регистрировались спектры поглощения и люминесценции водных растворов КТ с концентрацией наночастиц порядка 10^{-6} – 10^{-7} М.

CdTe-КТ

В серии экспериментов к 2 мл раствора отрицательно (или положительно) заряженных CdTe-КТ добавлялись небольшие количества (50–100 мкл) раствора положительно (или отрицательно) заряженных CdTe-КТ. Максимумы люминесценции исходных растворов КТ были зарегистрированы на длине волны $\lambda = 540$ нм для положительно заряженных CdTe-КТ и $\lambda = 580$ нм для отрицательно заряженных CdTe-КТ. В результате серии последовательных добавок в обоих случаях наблюдалось смещение положения максимума люминесценции смеси КТ до значения $\lambda = 625$ нм. Наблюдаемые изменения спектров люминесценции и поглощения свидетельствуют о формировании агрегатов в системе. Рост интенсивности люминесценции является признаком того, что между наночастицами внутри сформированных агрегатов происходит перенос энергии. В случае, когда положительно заряженные CdTe-КТ были добавлены к отрицательно заряженным CdTe-КТ, рост люминесценции достигал максимума, после

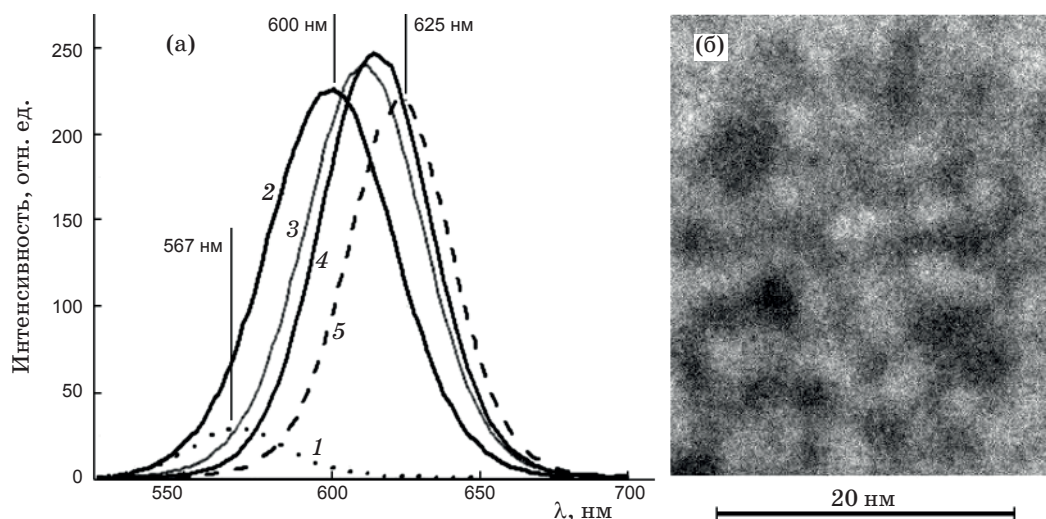


Рис. 1. а – изменение люминесценции раствора отрицательно заряженных CdTe-КТ при добавлении порций раствора положительно заряженных CdTe-КТ. 1 и 2 – люминесценция исходных растворов положительных и отрицательных КТ соответственно, 3–5 – последовательные добавки соответственно 100, 150 и 500 мкл раствора положительных КТ в 2 мл раствора отрицательных КТ. б – изображение агрегатов, формирующихся при взаимодействии CdTe-КТ в смешанном растворе.

чего интенсивность люминесценции падала при каждой последующей добавке (рис. 1а). Эксперимент показал, что соотношение молярных концентраций положительно и отрицательно заряженных КТ в точке, где возгорание люминесценции достигает максимума, составляет 1:12. Этот факт позволил предположить, что агрегаты, формирующиеся в исследуемой системе CdTe-КТ, имеют упорядоченную структуру, где КТ одного типа окружена 12-ю КТ другого типа. Возможность образования упорядоченных структур была исследована с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). На изображениях, полученных с помощью ПЭМ (рис. 1б), видны агрегаты, где несколько КТ формируют кольцо вокруг одной КТ.

CdSe-КТ

В этой серии экспериментов к 2 мл раствора CdSe-КТ, поверхность которых стабилизирована молекулами L- или D-пеницилламина, добавлялись небольшие количества (10 мкл) раствора чистого стабилизатора, сначала того же типа, что и стабилизатор на поверхности КТ, затем – противоположный ему энантиомер. Добавление стабилизатора того же типа, которым покрыта поверхность КТ, не вызывает изменения люминесценции КТ. Добавление же стабилизатора с противоположной формой энантиомера приводит к возрастанию люминесценции КТ, что показано на рис. 2 на примере CdSe-КТ, покры-

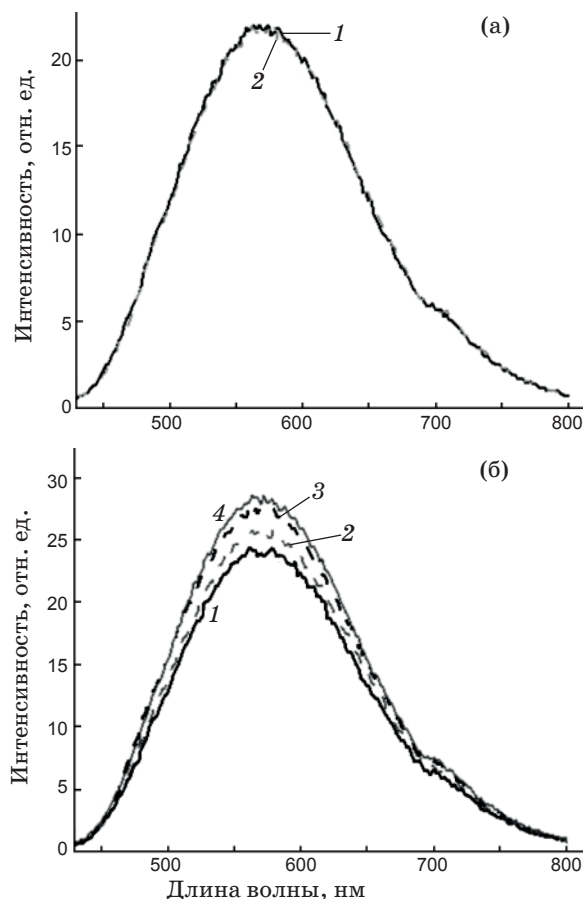


Рис. 2. Люминесценция CdSe-КТ, покрытых оболочкой из молекул D-пеницилламина, при добавлении энантиомера того же типа, что и на поверхности (а) и противоположного (L-пеницилламин) (б). 1 – исходный раствор, 2–4 – при последовательном добавлении к CdSe-КТ порций энантиомера.

тых оболочкой из молекул D-пенициллина. В то же время в спектре поглощения изменений не наблюдалось. Обнаруженная тенденция может быть объяснена тем, что специфическая структура энантиомеров позволяет двум противоположным формам этих молекул плотнее заполнить поверхность наночастицы. Рост интенсивности люминесценции при этом может быть вызван двумя факторами. Более плотная упаковка молекул стабилизатора на поверхности КТ, во-первых, приводит к устранению поверхностных дефектов, во-вторых, она выполняет роль защитной оболочки, препятствующей взаимодействию потенциальных тушителей люминесценции в растворе с поверхностью наночастицы.

Заключение

В работе было исследовано взаимодействие противоположно заряженных CdTe-КТ, а также взаимодействие CdSe-КТ, покрытых биомолекулами различных энантиомерных форм. В случае разноименно заряженных CdTe-КТ обнаружено формирование агрегатов, внутри которых происходит перенос энергии и есть

признаки того, что их структура упорядочена. В случае CdSe-КТ обнаружено, что добавление в раствор КТ молекул противоположного энантиомера приводит к возрастанию люминесценции КТ.

В дальнейшем представляет интерес выявить тип механизма переноса энергии, наблюдаемого при формировании агрегатов CdTe-КТ, а также более подробно рассмотреть возможность формирования упорядоченных агрегатов. В случае CdSe-КТ возможным направлением дальнейшей работы является сопряжение КТ с биологическими молекулами и исследование оптических характеристик таких систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульбачинский В.А. Полупроводниковые квантовые точки // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 4. С. 98–104.
2. Byrne S.J., Corr S.A., Rakovich T.Y., Gun'ko Y.K., Rakovich Y.P., Donegan J.F., Mitchell S., Volkov Y. Optimisation of the synthesis and modification of CdTe quantum dots for enhanced live cell imaging // J. Mater. Chem. 2006. V. 16. № 28. P. 2896–2902.