

УДК 535.015

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ТРОЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО УГЛЕРОДА

Карамышева С.П. (Университет ИТМО), Зюбин А.А. (Университет ИТМО), Резник И.А.  
(Университет ИТМО)

Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н., Орлова А.О.  
(Университет ИТМО)

В данной работе исследуются процессы фотолуминесценции и процессы переноса энергии/заряда в гибридных структурах наноструктурированный углерод/ $A^I B^III C^VI$  квантовые точки. Такая система является потенциальным высокоточным оптико-фотоэлектрохимическим сенсором для определения азотосодержащих соединений в атмосферном воздухе.

**Введение.** Полупроводниковые квантовые точки (КТ) являются перспективными новыми люминесцентными наноматериалами. Их можно использовать в светодиодном освещении, при производстве дисплеев, солнечных элементов, сенсоров и в биомедицине благодаря прекрасной настройке длины волны люминесценции, большому диапазону возбуждения и высокому квантовому выходу люминесценции. Несмотря на то, что полупроводниковые наночастицы II-VI и IV-VI обладают исключительными оптическими и электронными свойствами, высокая токсичность используемых ионов тяжелых металлов (Cd, Pb, Se, Te) ставит под сомнение их долгосрочную применимость. Поэтому в последнее время исследуются наноструктурированные люминофоры без использования токсичных элементов. Одним из альтернативных вариантов могут выступать КТ на основе тройных соединений такие, как  $AgInS_2$  (AIS) квантовые точки. Длину излучения таких КТ можно регулировать в зависимости от их размера и/или состава, охватывая диапазон от видимого до ближнего инфракрасного. Квантовые точки AIS всё ещё до конца не изучены, однако перспективных направлений, где они могли бы найти применение, находится немало. Так, например, их можно использовать в производстве различных нанокомпозитов и гибридных структур для сенсорных приложений. Учитывая сильные (высокая скорость носителей заряда) и слабые (низкий коэффициент поглощения света, очень слабый механизм усиления фотогенерации носителей зарядов) стороны графена, его объединение с тройными квантовыми точками в такую систему позволит решить проблемы обоих материалов, а также использовать их преимущества. Такая гибридная структура представляет собой интересный материал, который обладает целым рядом различных сигналов (оптических, электрических и/или электрохимических) на разные типы молекул аналитов, что позволяет утверждать, что сенсор получится чувствительным и точным. Такое направление работы имеет все перспективы, однако в силу новшества идеи существует не так много исследований, где описывается механизм работы датчика в качестве электронного носа (e-nose) для газов и паров или электронного языка (e-tongue) для жидкостей.

### Результаты

Фотофизические свойства квантовых точек  $AgInS_2/ZnS$  и гибридной структуры  $AgInS_2/ZnS$ /графен были исследованы для получения закономерностей излучательных и безызлучательных процессов в данном материале и эффективности переноса энергии между компонентами данной системы. Формирование монослоя AIS/ZnS КТ и слоя графена, образующие гибридную структуру, было произведено с помощью метода Ленгмюр-Блоджетт на установке KN 2002 (KSV NIMA, Швеция). Стационарные спектры люминесценции и морфология монослоев КТ в составе гибридного материала были изучены на конфокальном люминесцентном микроскопе LSM-710 (Zeiss, Германия). Кинетики затухания люминесценции монослоя КТ на диэлектрической подложке или на графене была рассмотрена

на конфокальных сканирующем люминесцентном микроскопе MicroTime100 (PicoQuant, Германия; объектив с увеличением  $\times 20$ , светофильтр - HQ430LP). Из полученных обработанных данных была выведена закономерность процессов излучательной и безызлучательной релаксации фотовозбуждённого состояния КТ, а также эффективность канала переноса энергии между графеном и AIS/ZnS КТ.

**Выводы.** Были получены закономерности релаксации энергии в квантовых точках  $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$  (AIS/ZnS), находящихся в состоянии плотноупакованного монослоя на диэлектрической подложке и в составе гибридных структур с графеном. Полученные результаты могут быть использованы для вывода зависимостей фотофизических процессов в гибридном материале, а также для дальнейших исследований его в качестве сенсора на азотосодержащие соединения. Исследование закономерностей взаимодействия компонентов такой гибридной структуры – один из главных пунктов на пути к созданию нового поколения сенсорных элементов, характеризующихся не только своей биосовместимостью, но и высокой чувствительностью и селективностью.