

УДК 535.37, 535.34

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСТЕРЖНЕЙ CdSe/CdS, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ РОСТА НА ЗАРОДЫШАХ

Арефина И.А. (Университет ИТМО), Портнягин А.С. (Городской Университет Гонконга)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Ушакова Е.В.

(Университет ИТМО)

В работе исследованы оптические отклики коллоидных наностержней CdSe/CdS, полученных методом роста на зародышах. Такие гетероструктуры являются многообещающими для светоизлучающих устройств фотоники.

**Введение.** Прогресс в коллоидном синтезе полупроводниковых нанокристаллов вызвал стремительный рост исследований в области биомаркировки, фотоники и оптоэлектроники, а также привел к более глубокому пониманию физики, лежащей в основе квантово-размерного эффекта. Нарастивание оболочки широкозонного полупроводника вокруг ядра нанокристалла значительно улучшает устойчивость к фотоокислению, увеличивает квантовый выход фотолюминесценции (ФЛ) вплоть до 80%. Кроме того, количество зародышей, молярные соотношения прекурсоров, а также концентрации поверхностно-активных веществ могут варьироваться для получения наностержней (НС) различных размеров. В свою очередь изменение формы и размеров НС открывает возможность широко варьировать оптические свойства, а также дополнительно настраивать поляризацию ФЛ. Высокий квантовый выход ФЛ в сочетании с большим стоксовым сдвигом и уменьшение реабсорбции делают стержни CdSe/CdS ядро-оболочка особенно привлекательными для применений в светоизлучающих устройствах фотоники, таких как светодиоды и лазеры.

**Основная часть.** В этой работе были исследованы оптические характеристики красных и зеленых наностержней состава CdSe/CdS. В общем случае НС получают методом выращивания с использованием зародышей сферической формы с последующим покрытием их анизотропной оболочкой из CdS. Синтез зародышей CdSe проводится методом горячего впрыска, а именно прекурсор селена впрыскивается в раствор комплекса Cd-ODPA при температуре 380 °С. В течение нескольких секунд эта процедура приводит к получению селенида кадмия со структурой вюрцита, который идеально подходит для дальнейшего наращивания анизотропной оболочки CdS. Заключительный процесс осуществляется путем впрыскивания смеси полученных зародышей CdSe ( $10^{-7}$  моль), растворенных в 0.2 мл TOP и TOPS, в раствор Cd-ODPA/HPA при температуре 380 °С. Рост анизотропной оболочки CdS в основном обусловлен грани-селективной эпитаксией TOPS из-за более высокой энергии адсорбции этого прекурсора серы на грани (0001) структуры вюрцита, которая обычно действует как направляющая для роста наностержней. Дополнительным преимуществом такого синтеза является небольшое количество структурных дефектов.

Спектры поглощения образцов были получены с помощью спектрофотометра UV-3600 (Shimadzu), люминесцентные характеристики были исследованы с помощью спектрофлуориметра Carry Eclipse (Varian), а также конфокального лазерного сканирующего микроскопа MicroTime 100 (PicoQuant) для определения стационарных и временных параметров ФЛ, соответственно.

Изображения, полученные с просвечивающего электронного микроскопа, подтверждают формирование НС со средними длиной и диаметром равными 22,3 и 4 нм, соответственно.

Было проведено исследование оптических характеристик полученных гетероструктур в коллоидном растворе. Спектры поглощения зеленых и красных наностержней CdSe/CdS, диспергированных в толуоле, демонстрируют несколько пиков поглощения: коротковолновые до 500 нм приписываются вкладу оболочки CdS, в то время как пик с наименьшей энергией связан с электронными переходами с уровней дырок, ограниченных в сердцевине CdSe, на уровни электронов, делокализованных по всей структуре НС. Стоит отметить, что спектры ФЛ

для обоих образцов демонстрируют значительное красное смещение по сравнению с соответствующими спектрами исходных зародышей CdSe. Полоса ФЛ для красных наностержней находится на 625 нм при возбуждении на длине волны 460 нм, для зеленых – на 550 при возбуждении на 450 нм. Большой стоксов сдвиг (100 нм и 170 нм для зеленых и красных НС, соответственно) является свидетельством того, что контроль формы оболочки нанокристалла изменяет электронные свойства ядра.

Кинетика затухания ФЛ раствора синтезированных наностержней носит мультиэкспоненциальный характер, что соответствует сложной электронной структуре, а среднее время затухания ФЛ для обоих образцов НС составляет 15 нс.

**Выводы.** Разработка синтеза и детальное исследование оптических свойств гетероструктур, в частности, НС типа ядро-оболочка, важны как в фундаментальных исследованиях, поскольку они представляют собой новые системы, так и для практических приложений, поскольку они обеспечивают основу для разработки новых материалов и изготовления устройств. Полупроводниковые НС на основе нанокристаллов демонстрируют уникальные оптические свойства, которые можно настраивать путем модификации их морфологии и состава. Полученные результаты являются актуальными в области фотоники и могут быть использованы для разработки устройств нанофотоники с улучшенными выходными и эксплуатационными характеристиками.