

УДК 535.372

ФОТОИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОВЕРХНОСТИ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdSe/ZnS В ТРЕКОВОЙ МЕМБРАНЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИК ИЗЛУЧЕНИЯ

Чернецова И.А. (Университет ИТМО), Колесова Е.П. (Университет ИТМО),
Орлова А.О. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., ассистент Колесова Е.П.
(Университет ИТМО)

В работе выявлены закономерности изменения люминесцентных свойств квантовых точек CdSe/ZnS, внедренных в полимерную трековую мембрану, под действием излучения ближнего инфракрасного диапазона. В данной работе продемонстрировано, что причиной изменения люминесцентных свойств КТ под действием фемтосекундного лазерного БИК излучения является эффективное двухфотонное поглощение излучения и дальнейшие фотохимические реакции на поверхности КТ в мембране.

Введение. В настоящее время большое внимание уделяется исследованию нелинейных оптических свойств полупроводниковых квантовых точек. В 2018 году были проанализированы оптические нелинейные свойства материалов с использованием одно- и многолучевых методов, основанных на возбуждении среды и наблюдении нелинейного отклика. Был представлен метод цифровой голографии для оценки нелинейного показателя преломления. Необходимым этапом для применения данного подхода, например, к биологическим тканям для диагностики заболеваний является повышение его чувствительности. Это может быть достигнуто при использовании в качестве меток полупроводниковых квантовых точек (КТ), которые характеризуются высокими значениями нелинейного показателя преломления и поглощения. Следует отметить, что КТ относятся к классу фотоактивных нанокристаллов и под воздействием излучения могут менять свои линейные и нелинейные характеристики, поэтому необходимым этапом для использования КТ в качестве меток является оценка фотостабильности оптических свойств квантовых точек. Ранее соавторами данной работы были проведены исследования стабильности люминесцентных свойств КТ CdSe/ZnS, внедренных в ТМ, под действием фемтосекундного лазерного излучения БИК диапазона. Впервые продемонстрировано, что при малых дозах облучения наблюдается быстрое увеличение интенсивности люминесценции в 3 раза, что может быть вызвано пассивацией дефектных состояний на поверхности КТ. При больших дозах облучения происходит незначительное уменьшение интенсивности люминесценции и гипсохромный сдвиг люминесценции КТ. Наблюдаемые эффекты могут быть вызваны фотодеструкцией КТ, что может привести к ухудшению нелинейного отклика КТ. Изменение люминесцентных свойств КТ CdSe/ZnS может быть связано как с эффективным двухфотонным поглощением БИК излучения КТ, так и с прямым заселением ловушечных состояний на поверхности КТ. Целью данной работы стало выявление закономерностей изменения люминесцентных свойств КТ за счет прямого заселения состояний в запрещенной зоне КТ под действием непрерывного излучения БИК диапазона.

Основная часть. Квантовые точки, встроенные в ТМ, являются квазиизолированными НК, что позволяет минимизировать влияние внешнего окружения на процессы, протекающие в них. В работе образец КТ CdSe/ZnS с диаметром ядра 4,5 нм внедряется в разрыхленный приповерхностный слой пор полиэтилентерефталатных трековых мембран (ТМ) с диаметром пор 50 нм путем пропитывания трековых мембран в растворе КТ в толуоле в течение 10 дней, после чего поверхность трековых мембран тщательно промывалась толуолом для удаления КТ с поверхности.

ТМ с КТ CdSe/ZnS подвергалась длительному облучению с использованием непрозрачной маски с квадратным отверстием 5×5 мм. Маска фиксировалась на поверхности образца, таким

образом только часть образца была подвергнута воздействию излучения. В течение облучения периодически регистрировались спектры люминесценции образца с использованием в спектрофлуориметра Cary Eclipse и оптоволоконной приставки «Лягушка». Для выделения люминесценции на фоне рассеянного возбуждающего излучения использовались два светофильтра: ОС12 и ФС7. В качестве источника излучения использовались лазер с длиной волны излучения 808 нм и средней мощностью 82 мВт и ртутная лампа с выделенной длиной волны излучения 365 нм и средней мощностью 2 мВт.

Анализ изменения люминесцентных свойств КТ под действием БИК излучения с длиной волны 808 нм показал, что при суммарной дозе падающего излучения 1456 Дж наблюдается незначительное изменение интенсивности люминесценции 4 %. Можно предположить, что при воздействии БИК излучения происходит поглощение падающего излучения дефектными состояниями в запрещенной зоне КТ, и как следствие изменение люминесцентных свойств КТ. Однако, эффективность подобного изменения невысока и не может вносить существенный вклад в процессы, происходящие под действием фемтосекундного БИК излучения. Это дает основания полагать, что основной причиной наблюдаемого изменения люминесцентных свойств КТ под действием фемтосекундного лазерного излучения являются фотохимические процессы на поверхности КТ при эффективном двухфотонном поглощении внешнего излучения. Было проведено сравнение эффективности фотоиндуцированных процессов при двухфотонном поглощении с хорошо изученными процессами при воздействии УФ излучения. На первом этапе облучения УФ излучением (доза <5 Дж) наблюдается быстрое увеличение интенсивности люминесценции в 1,5 раза. При дальнейшем облучении (доза <15 Дж) – замедляющийся рост интенсивности люминесценции и выход на плато. Максимальное изменение интенсивности люминесценции (в 2 раза) наблюдается при суммарной дозе падающего излучения в 25 Дж. Полученные данные демонстрируют, что эффективность фотоиндуцированных процессов при двухфотонном поглощении оказалась сопоставима по эффективности с процессами при однофотонном поглощении УФ излучения. Корректное сравнение данных процессов с учетом сечения переходов при поглощении будет сделано в развитие данной работы.

Выводы. В результате работы экспериментально продемонстрировано, что причиной изменения люминесцентных свойств КТ под действием фемтосекундного лазерного БИК диапазона являются фотохимические процессы на поверхности КТ при двухфотонном поглощении внешнего излучения. В дальнейшем планируется определить оптимальные дозы излучения, не приводящие к изменению нелинейного отклика КТ при разных условиях ближайшего окружения КТ.

Чернецова И.А. (автор)

Подпись

Колесова Е.П. (научный руководитель)

Подпись