

УДК 535.37

## СУБВОЛНОВЫЕ СВЕРХРЕШЁТКИ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ГАЛОГЕНИДНОГО ПЕРОВСКИТА

Гречанинова Е.В. (Университет ИТМО), Тонкаев П.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Макаров С.В.  
(Университет ИТМО)

Квантовые точки галогенидного перовскита  $\text{CsPbBr}_3$  способны собираться в упорядоченные трехмерные структуры – сверхрешетки, которые проявляют сверхфлуоресценцию – когерентное коллективное излучение. Разработанный метод синтеза позволяет создавать субволновые сверхрешетки, поддерживающие резонансы Ми в видимой области спектра. В работе исследуется влияние размеров сверхрешеток на их излучающие свойства.

**Введение.** В настоящее время, в силу актуальности вопроса повышения скорости передачи и обработки большого объема данных, ведутся исследования, направленные на переход от электронной вычислительной платформы к оптической, использующей фотон, который способен передавать информацию в десятки тысяч раз быстрее электрона.

Для создания фотонного чипа необходима разработка дешевых и компактных эффективных источников когерентного оптического излучения. Недавно появившаяся новая платформа для изучения взаимодействия света с веществом связана с физикой галогенидных перовскитов. Эти соединения привлекли внимание научного сообщества благодаря ряду исключительных характеристик: ярко выраженный экситонный резонанс при комнатной температуре, возможность изменения ширины запрещенной зоны во всем видимом диапазоне, высокий квантовый выход фотолюминесценции и др. Высокий показатель преломления галогенидных перовскитов позволяет создавать субволновые наночастицы, поддерживающие резонансы Ми в видимом диапазоне, что сделало перспективным их применение в нанофотонике.

Кроме использования объемного материала перовскита для создания субмикронного резонатора, поддерживающего резонансы Ми, также существует возможность его самосборки из коллоидных перовскитных нанокристаллов, которые, в свою очередь, обладают выгодным сочетанием квантово-размерного эффекта и улучшенных оптических свойств по сравнению с объемным перовскитом. Было показано, что нанокристаллы галогенидного перовскита  $\text{CsPbX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) могут собираться в упорядоченные массивы, известные как сверхрешетки, демонстрирующие узкий пик сверхфлуоресценции – когерентного и кооперативного излучения. Однако, исследование оптических свойств перовскитных сверхрешеток проводилось лишь с образцами, линейные размеры которых были не менее 1.5 мкм.

**Основная часть.** Идея настоящей работы заключается в том, чтобы применить известный метод синтеза квантовых точек галогенидного перовскита  $\text{CsPbBr}_3$  для создания на их основе сверхрешеток с субволновым размером и исследовать явление сверхфлуоресценции в них, а также возможность её усиления, за счёт поддержания резонансов Ми на длине волны излучения материала.

Для этого был осуществлен синтез монодисперсных нанокристаллов  $\text{CsPbBr}_3$  по технологии “горячей инъекции”, после чего были сформированы сверхрешетки с заданными субволновыми размерами. Экспериментальное исследование спектров спонтанной эмиссии и сверхфлуоресценции сверхрешеток для различных мощностей возбуждающего излучения проводилось при криогенной температуре. Скоррелированное излучение точечных диполей (экситонов) приводит к появлению интенсивного узкого пика сверхфлуоресценции, смещенного в красную область, по сравнению с положением пика фотолюминесценции при комнатной температуре.

Было проведено аналитическое описание рассеяния плоской волны и возбуждаемых резонансных оптических мод в одиночных сверхрешетках на основе теории Ми. Рассчитанные спектры рассеяния наночастиц в оптическом и ближнем инфракрасном диапазоне сопоставлялись с экспериментальными спектрами рассеяния на сверхрешетках разного размера, измеренными методом упругого оптического рассеяния белого света в геометрии темного поля (темнопольная спектроскопия). На основе полученных данных удалось определить размер наноструктур. В ходе работы получена зависимость спектров сверхфлуоресценции от размера субмикронных частиц, выявлен спектральный сдвиг люминесценции в красную область с ростом размера сверхрешеток.

**Выводы.** Полученные результаты имеют высокую прикладную значимость, поскольку материалы, эффективно конвертирующие коротковолновое излучение в узкополосную зеленую сверхфлуоресценцию, востребованы для формирования RGB изображения с высоким индексом цветопередачи в устройствах отображения информации. Также, новые компактные источники когерентного излучения будут востребованы для разработки фотонных чипов, которые смогут перевести многие важные области индустрии России на качественно новый уровень.

Тонкаев П.А. (автор)

Макаров С.В. (научный руководитель)