

УДК 535.3

## ЛОКАЛИЗАЦИОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ИСТОЧНИКОВ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ В ДВУМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Абрамов А. Н. (Университет ИТМО), Честнов И. Ю. (Университет ИТМО), Иорш И. В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – PhD Кравцов В. А. (Университет ИТМО)

**Введение.** Интеграция однофотонных излучателей с нанофотонными структурами на чипе является важной задачей для разработки будущих устройств для квантовых вычислений и передачи данных. Здесь мы изучаем формирование источников одиночных фотонов в монослое  $WSe_2$  путем локальной деформации зондом атомно-силового микроскопа (АСМ). Используя метод фотолюминесцентной визуализации, мы определяем пространственное расположение однофотонных излучателей с высокой субволновой точностью. Из АСМ карт мы рассчитываем поля деформаций в наноиндентированных областях монослоя  $WSe_2$  и извлекаем локальные параметры деформации в экспериментально определенных местах расположения однофотонных излучателей.

**Основная часть.** Двумерные материалы являются перспективной платформой для создания источников одиночных фотонов. Существуют различные подходы к созданию источников одиночных фотонов в двумерном полупроводнике. В данной работе используется метод локальной деформации модифицированным кремниевым зондом атомно-силового микроскопа [1]. Для этого монослой  $WSe_2$ , полученный методом механической эксфолиации переносится на полимерную подложку ПММА, а затем в нем с помощью зонда АСМ формируются наноинденты глубиной 100-200 нм и латеральными размерами около 300 нм. В области полученных наноиндентов в монослое  $WSe_2$  за счет деформации кристаллической решетки образуются источники одиночных фотонов, которые демонстрируют линии излучения в диапазоне 720-800 нм, яркость более 1 МГц и степень однофотонности до 98 %.

Методом бихроматической фотолюминесцентной визуализации в субволновом масштабе определяется локализация полученных источников одиночных фотонов относительно меток совмещения, что позволяет затем определить координаты излучателей на картах АСМ [2], из которых также вычисляются компоненты тензора деформации в области наноиндента. Исходя из экспериментальных данных о деформации кристаллической решетки монослоя  $WSe_2$  и частотных характеристик получаемых однофотонных излучателей предложена модель формирования источника одиночных фотонов, основанная на процессе гибридизации темного междолинного экситона с Se вакансией в кристаллической решетке монослоя  $WSe_2$ .

**Выводы.** В ходе исследования отработана технология создания источника одиночных фотонов в двумерном полупроводнике методом локальной деформации. Методом фотолюминесцентной визуализации в субволновом масштабе определена локализация квантовых излучателей в области наноиндента. В соответствии с экспериментальными данными предложена теоретическая модель процесса формирования источника одиночных фотонов в двумерном полупроводнике. Полученные результаты важны для практического применения источников одиночных фотонов в области квантовых технологий.

### Список использованных источников:

1. Rosenberger M. R. et al. Quantum calligraphy: writing single-photon emitters in a two-dimensional materials platform //ACS nano. – 2019. – Т. 13. – №. 1. – С. 904-912.
2. Sapienza L. et al. Nanoscale optical positioning of single quantum dots for bright and pure single-photon emission //Nature communications. – 2015. – Т. 6. – №. 1. – С. 7833.