

УВЕЛИЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ЭКСИТОНОВ В ДВУМЕРНЫХ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Пантюхина П.А. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – Ph.D. Кошелев К.Л.
(Австралийский Национальный Университет)

Введение. Управление скоростью спонтанного излучения экситонов с помощью резонансных структур, основанное на изменении локальной плотности оптических состояний, было продемонстрировано в различных атомных и твердотельных системах [1]. В последние годы исследователи активно изучают свойства экситонов в ультратонких полупроводниках, монослоях дихалькогенидов переходных металлов (ДПМ), в которых преобладают оптические переходы по механизму спонтанного излучения [2]. Недавние работы демонстрируют увеличение скорости спонтанного излучения экситонов на несколько порядков за счет совмещения монослоев ДПМ с резонансными фотонными структурами, обеспечивающими локальное усиление электрического поля в окрестности экситонных центров [3]. Обратный эффект, основанный на подавлении спонтанного излучения экситонов с помощью нано-структурированных оптических резонаторов, представляет особый интерес, в частности, для объяснения сложной динамики релаксации и рекомбинации экситонов в монослоях ДПМ [4]. Однако на настоящий момент этот эффект практически не изучен.

Основная часть. В настоящей работе теоретически и численно исследовано увеличение радиационного времени жизни экситонов в двумерных монослоях ДПМ, интегрированных в диэлектрические фотонные структуры, за счет изменения относительного положения монослоя и модификации локальной плотности оптических состояний. С помощью формализма функции Грина была построена аналитическая модель слабой связи между экситонами в монослоях ДПМ и утекающими модами диэлектрического волновода. Отсюда получено замкнутое аналитическое выражение для фактора Парселла для экситонов.

Также было рассмотрено расширение модели – переход к взаимодействию экситонного монослоя с периодической метаповерхностью.

Выводы. Показано, что при помещении монослоя в локальные минимумы поля резонансной фотонной моды, его радиационное время жизни может быть увеличено в n^2 раз по сравнению с радиационным временем жизни экситонов в монослое ДПМ, располагающемся в воздухе, где n - показатель преломления материала волновода. Также показано, что при взаимодействии с периодической метаповерхностью, время жизни экситонов может превышать предел в n^2 раз, полученный для волновода, более чем на один порядок, за счет сложной структуры локальной плотности состояний метаповерхности. Разработанная теория позволяет объяснить результаты недавних экспериментов [4].

Список использованных источников:

1. M. Bayer, et al., Physical Review Letters 86, 3168 (2001);
2. F. Cadiz, et al., Physical Review X 7, 021026 (2017);
3. Y.C. Lee, et al., ACS Photonics 4, 93-105 (2017);
4. H.H. Fang, et al., Physical Review Letters 123, 067401 (2019).