

АНИЗОТРОПИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ НИТЕВИДНОГО НАНОКРИСТАЛЛА GaP И МОНОСЛОЯ MoS₂

✉ Е. С. Завьялова¹, А. Кузнецов^{1,2}, М. А. Аникина^{1,2}, А. Д. Большаков¹⁻⁴

¹ Академический университет им. Ж. И. Алфёрова, Санкт-Петербург, Россия

² Московский физико-технический институт (НИУ), Долгопрудный, Россия

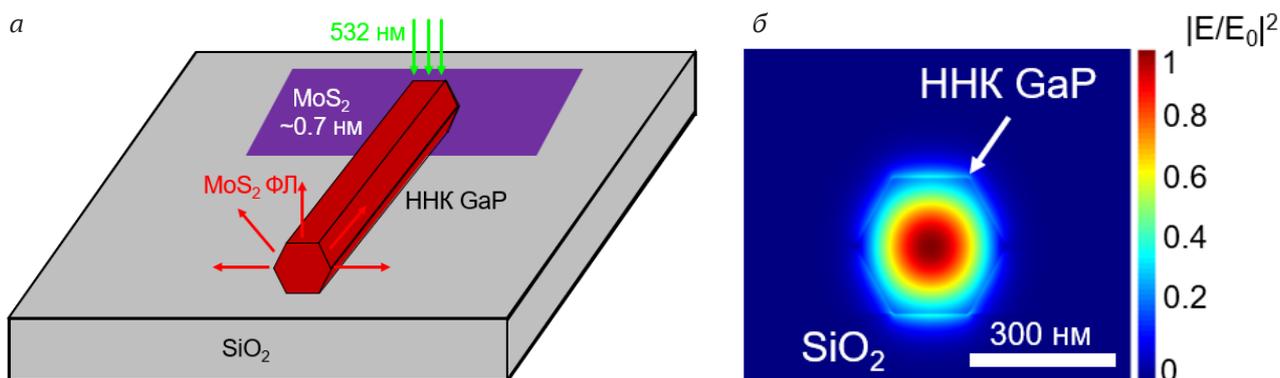
³ Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

✉ ladieseniya@gmail.com

Объектом данной работы является гибридная система на основе нитевидного нанокристалла (ННК) фосфида галлия (GaP) и 2D-слоя дисульфида молибдена (MoS₂). Тонкие слои MoS₂ проявляют эффективную фотолюминесценцию в видимом и ближнем ИК-диапазонах [1]. Применение данного материала в интегральной фотонике имеет большие перспективы, но отсутствие направленности выходящего излучения накладывает ограничения в его использовании в качестве эффективного эмиттера [1]. Чтобы добиться сильной анизотропии выходного оптического сигнала, можно использовать ННК на основе GaP. Благодаря его волноводным [2] и резонаторным свойствам, связанным с низкими поглощениями почти во всем видимом и ИК-диапазонах, ННК GaP в качестве субмикронного волновода позволяет в значительной мере увеличить направленность вывода фотолюминесценции от MoS₂. Полученная таким образом высокая анизотропия выходящего оптического сигнала дает возможность интегрирования данной гибридной системы в оптические чипы.

В работе методами численного моделирования с помощью метода конечных разностей во временной области (FDTD) в ПО Ansys Lumerical была исследована система со следующей геометрией и параметрами: на слое SiO₂ находится монослой MoS₂ толщиной 0,7 нм, поверх которого расположен ННК GaP. ННК длиной 17 мкм имел неоднородный диаметр, изменяющийся в пределах от 190 до 400 нм. Фотолюминесценция (ФЛ) от MoS₂ была смоделирована



Формальная схема гибридной наноструктуры на основе монослоя MoS₂ и ННК GaP (а); распределение электрического поля фундаментальной моды в поперечном сечении ННК GaP для длины волны 690 нм (б)

на с помощью дипольных источников, спектральный диапазон излучения которых составлял 640–720 нм. Анализ распространения электромагнитных волн внутри ННК GaP продемонстрировал их эффективную локализацию, а также показал направленный вывод излучения через противоположенную торцевую грань (см. рисунок).

Путем Фурье-преобразования затухающих резонансных полей был получен спектр сигнала, прошедшего через резонатор. Таким образом, были получены положения резонансных частот ННК GaP, который выступал в качестве резонатора Фабри — Перо. Чтобы оценить резонансные свойства моделируемой системы, были построены распределения электрического поля на резонансных длинах волн (684, 686 и 689 нм) с наибольшей добротностью порядка 600. Распределения ближних полей демонстрируют образование стоячих волн по всей длине резонатора.

Методами численного моделирования в данной работе была продемонстрирована возможность использования гибридной системы на основе ННК GaP и 2D-слоя MoS₂ как в качестве источника направленного вывода излучения, так и в качестве резонатора.

Список литературы

1. Li H., Pam M. E., Shi Y., Yang H. Y. A review on the research progress of tailoring photoluminescence of monolayer transition metal dichalcogenides // FlatChem. 2017. Vol. 4. P. 48–53.
2. Kuznetsov A., Moiseev E., Abramov A. N., et al. Elastic Gallium Phosphide Nanowire Optical Waveguides — Versatile Subwavelength Platform for Integrated Photonics // Small. 2023. P. 2301660.