

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРФОРИРОВАННОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ ПЛЁНКИ В КАЧЕСТВЕ УСКОРИТЕЛЯ РАДИАЦИОННЫХ ПЕРЕХОДОВ МОЛЕКУЛ ЛЮМИНОЛА ЗА СЧЁТ ЭФФЕКТА ПАРСЕЛЛА

Петров Н. С.<sup>1</sup>, Вартанян Т. А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – PhD, ведущий научный сотрудник Дададжанов Д. Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

nspetrov@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР № 323010 «Фотоника плазмон-усиленной хемилюминесценции и безызлучательного переноса энергии к светоизлучающим в ближней ИК-области полупроводниковым нанокристаллам для биомедицины» при финансовой поддержке российского научного фонда.

### Введение

Хемилюминесцентные процессы активно применяются в биомедицинских технологиях [1]. В частности, хемилюминесценцию люминола можно использовать для детектирования активных форм кислорода (АФК) в растворах [2]. Однако из-за высокой конкуренции излучательных и безызлучательных электронных переходов, квантовый выход люминесценции люминола очень низок [3]. Перспективным способом повышения интенсивности излучения является ускорение радиационных переходов за счёт эффекта Парселла вблизи плазмонных наноструктур [4]. В данной работе изучается возможность применения тонкой перфорированной алюминиевой плёнки для усиления хемилюминесценции люминола: рассчитывается фактор Парселла во внутреннем объёме цилиндрического выреза. Такие структуры имеют ряд преимуществ в сравнении с альтернативами и обладают высоким потенциалом к внедрению в существующие микрофлюидные технологии [5].

### Основная часть

Рассматриваемая структура представляет собой алюминиевую плёнку толщиной 20 нм на кварцевой подложке с периодически расположенными цилиндрическими вырезами радиуса 36 нм, образующими квадратную решётку с периодом 230 нм. Полости заполнены водой с показателем преломления  $n_w = 1,33$ , показатель преломления подложки равен  $n_{\text{SiO}_2} = 1,46$ . Геометрические параметры выбраны исходя из ранее полученных результатов, демонстрирующих оптимальное перекрытие плазмонного резонанса структуры со спектром хемилюминесценции люминола [6].

Численное моделирование проводилось методом конечных элементов с учётом периодических граничных условий Флоке. Излучающий центр моделировался точечным диполем, размещённым внутри цилиндрической полости. Фактор Парселла определялся как отношение мощности излучения диполя в присутствии перфорированной плёнки к мощности излучения аналогичного диполя в однородной водной среде над подложкой.

### Выводы

Анализ полученных результатов выявил зависимость усиления от положения люминесцирующей молекулы, при этом среднее значение фактора достигло 12.6. Спектральная характеристика фактора Парселла хорошо согласуется со спектром хемилюминесценции люминола с максимумом на длине волны 430 нм, что тем самым подтверждает потенциал структуры для применения в высокочувствительных биосенсорах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-72-00045, <https://rscf.ru/project/23-72-00045/>

### Литература

1. Tzani M. A. et al. Direct and indirect chemiluminescence: reactions, mechanisms and challenges //Molecules. – 2021. – V. 26. – №. 24. – P. 7664.
2. Abdesselem M. et al. Real-time in vivo ROS monitoring with luminescent nanoparticles reveals skin inflammation dynamics //Biomedical optics express. – 2023. – V. 14. – №. 10. – P. 5392-5404.
3. Ando Y. et al. Development of a quantitative bio/chemiluminescence spectrometer determining quantum yields: Re-examination of the aqueous luminol chemiluminescence standard //Photochemistry and photobiology. – 2007. – V. 83. –№ 5. – P. 1205-1210.
4. Dadadzhanov D. R. et al. Self-organized plasmonic metasurfaces: The role of the Purcell effect in metal-enhanced chemiluminescence (MEC) // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2021. – V. 333. – P. 129453.
5. Петров Н. С., Дададжанов Д. Р., Вартанян Т. А. Периодически перфорированная алюминиевая пленка для усиления хемилюминесценции //Оптика и спектроскопия. – 2025. – Т. 133. – №. 1. – С. 100-106.
6. Dadadzhanov D. R., Palekhova A. V., Vartanyan T. A. Metasurface of aluminum nanocylinders to enhance the chemiluminescence of luminol // Optics and Spectroscopy. – 2024.