

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ

Бабаев К. В.¹, Быков Е. П.¹, Хомутишникова Л. Л.¹
Научный руководитель – канд. техн. наук, Хомутишникова Л. Л.¹
¹Университет ИТМО
babaev.kv@yandex.ru

Введение

Разработка эффективных методов локального обеззараживания и дезинфекции поврежденных тканей организма является одной из наиболее актуальных задач современной медицины [1]. Необходимость создания систем для локального антибактериального воздействия обусловлена тем, что существующие подходы, включая традиционную антибиотикотерапию и классическую фотодинамическую терапию, зачастую не обеспечивают требуемой избирательности. Это приводит к поражению здоровых участков тканей, возникновению побочных эффектов и способствует росту антибиотикорезистентности микроорганизмов [2].

Перспективным направлением является создание волоконно-оптических систем, способных доставлять излучение непосредственно к поврежденной области. Эффективность функционирования таких систем можно повысить за счет применения фотокаталитического покрытия [3], разработка которого и является целью данной работы. Такое покрытие при активации ультрафиолетовым светом способно генерировать активные формы кислорода (АФК), в частности синглетный кислород. Синглетный кислород представляет собой высокоэнергетическое и короткоживущее молекулярное состояние кислорода с неподеленной парой электронов во внешней оболочке. Высокое окислительное свойство синглетного кислорода обусловлено его высокой реакционной способностью, поскольку он легко вступает в реакцию с бактериями, вирусами и другими микроорганизмами, в результате чего, уничтожает их [4, 5]. Создание фотокаталитических покрытий открывает путь к реализации малоинвазивных и локальных процедур дезинфекции внутри организма.

Основная часть

Для реализации эффективной локальной дезинфекции в данной работе предложена технология формирования фотокаталитического активного композитного покрытия на основе биосовместимого медицинского силикона и оксида цинка (ZnO). Выбор силиконовой матрицы обусловлен её высокой эластичностью и адгезионной способностью, что критически важно для создания стабильных пленок на цилиндрической поверхности кварцевых оптических волокон. Оксид цинка, в свою очередь, выступает в роли полупроводникового фотокатализатора, способного к генерации синглетного кислорода при поглощении УФ-излучения [6, 7].

Процесс получения функциональных пленок включал этап смешивания медицинского силикона и порошка оксида цинка с последующим термическим отверждением в печи. В рамках исследования были созданы образцы с варьируемым процентным содержанием порошка ZnO для выявления зависимости фотокаталитической активности от концентрации порошка в покрытии. Полученные покрытия были исследованы в ходе эксперимента по обесцвечиванию красителя метиленового синего в концентрации 10^{-6} М. По результатам измерений было установлено, что оптимальная концентрация оксида цинка в силиконовой матрице составляет 30%, при таком соотношении наблюдается максимальная скорость

обесцвечивания красителя, свидетельствующая об интенсивной генерации активных форм кислорода.

Следующим этапом исследования стала разработка методики нанесения покрытия на поверхность оптического волокна. Установлено, что морфология и толщина формируемого покрытия определяются температурно-временными режимами термообработки. Контролируемое нанесение разработанного фотокаталитического покрытия позволяет регулировать толщину пленки и подбирать оптимальную толщину под конкретную задачу.

Выводы

Таким образом, в рамках работы была разработана и обоснована методика создания и нанесения на поверхность оптического волокна фотокаталитического композитного покрытия на основе оксида цинка. По результатам исследования по обесцвечиванию органического красителя метиленового синего под действием УФ-облучения была экспериментально определена оптимальная концентрация порошка ZnO (30%), обеспечивающая максимальную эффективность генерации синглетного кислорода. Отработана методика нанесения покрытия на поверхность оптических волокон, что позволяет создавать волоконно-оптические системы локальной дезинфекции.

Литература

1. Xiang W. et al. Working principle and application of photocatalytic optical fibers for the degradation and conversion of gaseous pollutants //Chinese Chemical Letters. – 2022. – Т. 33. – №. 8. – С. 3632-3640.
2. Borgia F. et.al. Early and late onset side effects of photodynamic therapy // Biomedicines. – 2018. – Т. 6. – №. 1. – С. 12
3. Khomutinnikova L. L. et al. Structural engineering of photocatalytic ZnO-SnO₂-Fe₂O₃ composites //Journal of Composites Science. – 2022. – Т. 6. – №. 11. – С. 331.
4. Maharjan P. S., Bhattarai H. K. Singlet oxygen, photodynamic therapy, and mechanisms of cancer cell death //Journal of Oncology. – 2022. – Т. 2022.
5. Kashef N., et al. Advances in antimicrobial photodynamic inactivation at the nanoscale // Nanophotonics. – 2017. – Т. 6. – № 5. – С. 853.
6. Gudkov S.V. et al. A mini review of antibacterial properties of ZnO nanoparticles //Frontiers in Physics. – 2021. – Т. 9. – С. 641481.
7. Dey S. et al. A critical review on zinc oxide nanoparticles: Synthesis, properties and biomedical applications //Intelligent Pharmacy. – 2025. – Т. 3. – №. 1. – С. 53-70.