

УДК 544.032.65

ЛАЗЕРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА ТИТАНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СТРУКТУР

Ловушкина Е.М. (Университет ИТМО), Радаев М.М. (Университет ИТМО),
Михайлова К.А. (Университет ИТМО), Одинцова Г.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – младший научный сотрудник, Карлагина Ю.Ю. (Университет ИТМО)

Введение. На сегодняшний день в медицине активно практикуется внедрение имплантатов различного назначения. Однако существуют различные факторы, которые могут негативно сказаться на процессе приживаемости, одним из которых является переимплантит – воспаление тканей вокруг имплантата. Переимплантит возникает из-за попадания патогенных микроорганизмов в пространство между имплантатом и биотканью [1]. Известны различные способы придания поверхности антибактериальных свойств, среди которых использование антибиотиков [2], наночастиц металлов [3], соединения аммония [4], фтора [5], фенолов [6] и других химических веществ и соединений [7]. Однако, данные способы имеют ряд недостатков, таких как быстрая истираемость и истончаемость антибактериального слоя, истощение антимикробного компонента, а также выработка антибиотикорезистентности у бактерий. Относительно новым способом является создание поверхности с нанорельефом, к примеру – нано-иглами [8], для физического уничтожения бактериальных клеток при контакте. Однако процесс создания такой поверхности крайне трудоемок, а ее износостойкость низкая.

Перспективным способом борьбы с патогенными микроорганизмами является использование фотоактивируемых покрытий с полупроводниковой структурой. Механизм антибактериального действия таких покрытий заключается в том, что при поглощении ими фотона происходит перенос электрона на молекулу кислорода с образованием свободного радикала [9], который постепенно разрушает бактериальные мембраны, что приводит к гибели бактерий. В данной работе мы формируем полупроводниковое покрытие на поверхности сплава титана при помощи лазерного воздействия.

Основная часть. В настоящем исследовании используется лазерный комплекс на базе импульсного волоконного иттербиевого лазера с длиной волны 1064 нм, максимальной средней мощностью 20 Вт, длительностью импульсов до 200 нс. В качестве материала для образцов используются пластины из сплава титана марки ВТ1-0 размером 10 x 10 x 1 мм. Создание цветных оксидных пленок на поверхности образцов производят с помощью технологии цветной лазерной маркировки [10]. Обработка производится путем построчного лазерного сканирования поверхности титановых образцов лазерным пучком. Были разработаны 7 различных режимов обработки: 4 режима с высокой частотой следования импульсов (900 и 999 кГц) и 3 режима с низкой частотой следования импульсов (99 кГц). Исследованы физико-химические свойства исходной и модифицированных поверхностей, а также проведены тесты на цитотоксичность и антибактериальные свойства поверхности образцов.

Выводы. По результатам исследований показана антибактериальная активность сформированных с помощью лазерного воздействия покрытий. Получено, что данные покрытия представлены оксидами титана. *In vitro* исследование показало не токсичность данных покрытий для эпителиальных клеток, и антибактериальное действие в отношении грамм-положительных бактерий.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному коллективу под руководством проф. Л.Т. Воловой за проведение исследований на клетках эпителия и бактериях.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Постановления Правительства № 218 от 09.04.2010 г., Соглашение № 075-11-2021-045 от 24.06.2021, название проекта «Создание высокотехнологичного производства оборудования и технологий для лазерной функционализации поверхности изделий медицинского назначения».

Список использованных источников:

1. Schwarz F. et al. Peri-implantitis //Journal of clinical periodontology. – 2018. – Т. 45. – С. S246-S266.
2. Fathi-Hafshejani P. et al. Phase-selective and localized TiO₂ coating on additive and wrought titanium by a direct laser surface modification approach //ACS omega. – 2020. – Т. 5. – №. 27. – С. 16744-16751.
3. Fujita S., Tanaka H., Fujita S. MBE growth of wide band gap wurtzite MgZnO quasi-alloys with MgO/ZnO superlattices for deep ultraviolet optical functions //Journal of crystal growth. – 2005. – Т. 278. – №. 1-4. – С. 264-267.
4. Ghosh S. et al. A potent antibiotic-loaded bone-cement implant against staphylococcal bone infections //Nature Biomedical Engineering. – 2022. – Т. 6. – №. 10. – С. 1180-1195.
5. Hafizova F. A. et al. Exploring the Integration of Threaded Implants: the Chemical Deep Etching Approach //BioNanoScience. – 2018. – Т. 8. – С. 313-318.
6. Hidalgo-Robatto B. M. et al. Fluor-carbonated hydroxyapatite coatings by pulsed laser deposition to promote cell viability and antibacterial properties //Surface and Coatings Technology. – 2018. – Т. 349. – С. 736-744.
7. Voicu G. et al. Co doped ZnO thin films deposited by spin coating as antibacterial coating for metallic implants //Ceramics International. – 2020. – Т. 46. – №. 3. – С. 3904-3911.
8. Ivanova E. P. et al. The multi-faceted mechano-bactericidal mechanism of nanostructured surfaces //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2020. – Т. 117. – №. 23. – С. 12598-12605.
9. Banerjee S. et al. Physics and chemistry of photocatalytic titanium dioxide: visualization of bactericidal activity using atomic force microscopy //Current science. – 2006. – С. 1378-1383.
10. Veiko V. et al. Controlled oxide films formation by nanosecond laser pulses for color marking //Optics express. – 2014. – Т. 22. – №. 20. – С. 24342-24347.

Ловушкина Е.М. (автор)

Подпись

Карлагина Ю.Ю. (научный руководитель)

Подпись