

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ И ИХ ОКСИДОВ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-СЕЛЕКТИВНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КЛЕТОК

Белик П. А.¹, Маннинен А. С.¹, Афанасьев Н. А.¹

Научный руководитель – канд. биол. наук, доцент Прилепский А. Ю.¹

Университет ИТМО¹

polinabelik.itmo@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР № 645122 «ИИ-морфометрия: от изображения клеточных сфероидов к прогнозированию цитотоксичности».

Введение

Модификация биоинженерных конструкций с целью повышения их приживаемости в организме является важной задачей регенеративной медицины [1]. Наиболее распространенным материалом для таких конструкций является титан благодаря его биосовместимости и механической прочности. За последние десятилетия широко изучены химические подходы к структурированию титановой поверхности [2,3,4], однако потенциал лазерной обработки исследован значительно меньше. В работе представлен подход к созданию структурированных титановых покрытий методом лазерно-индуцированного обратного переноса (LIBT – Laser-Induced Backward Transfer) с перспективой дальнейшего биологического применения [5, 6].

Основная часть

Методом LIBT с предварительно отполированной титановой пластины на предметное боросиликатное стекло были нанесены четыре типа пленок. Для формирования образцов использовали лазерную системы «TurboMarker» (ООО «Лазерный Центр») с длиной волны 1064 нм, средней мощностью 20 Вт, длительностью импульса 100 нс и частотой повторения импульсов 1,6 кГц. Мощность лазера варьировали в диапазоне 13–16% от максимальной. Скорость сканирования составляла 50 мм/с при частоте повторения импульсов 20 кГц. Процесс происходил в атмосфере воздуха, в результате чего на поверхности образовались различные кристаллические фазы оксидов титана.

Морфологию пленок оценивали методами оптической микроскопии и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). По данным оптической микроскопии при мощности лазера 16% на поверхности плёнок наблюдались неоднородности характерным размером порядка десятков микрометров, обусловленные переносимыми с титановой пластины частицами. При уменьшении мощности до 13–14% размер подобных неоднородностей снижался. В ходе проведения СЭМ-анализа были выявлены различия в микроструктуре пленок в зависимости от режима LIBT: при мощности 14% формируются преимущественно частицы размером от 200–500 нм до 4 мкм, тогда как при 16% размер частиц увеличиваются, превалируют частицы 2–8 мкм неправильной полусферической формы.

Дальнейшей перспективой работы является проведение биологических экспериментов по оценке биосовместимости созданного покрытия на двумерных и трехмерных клеточных культурах. Для пространственно-селективного культивирования разработан протокол нанесения полимерного омнифобного слоя с паттерном на сформированные пленки [7]. Предварительные эксперименты по культивированию миобластов C2C12 показали преимущественную локализацию клеток в паттернах на поверхности металла.

Выводы

В ходе работы были сформированы поверхности из оксидов титана, установлены различия между выбранными режимами лазерного трансфера. Предложенный метод формирования поверхности позволяет контролировать размер осаждаемых частиц. Технология формирования поверхности позволяет получить достаточно тонкие пленки, на которых можно наблюдать клетки в оптическом микроскопе, не теряя при этом характерные особенности микрорельефа.

Литература

1. Jeon H. J., Simon Jr C. G., Kim G. H. A mini-review: cell response to microscale, nanoscale, and hierarchical patterning of surface structure // *Journal of biomedical materials research Part B: applied biomaterials*. – 2014. – Т. 102. – №. 7. – С. 1580-1594. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.33158>.
2. Deng Z. et al. Highly ordered nanotube-like microstructure on titanium dental implant surface fabricated via anodization enhanced cell adhesion and migration of human gingival fibroblasts // *International Journal of Nanomedicine*. – 2024. – С. 2469-2485. <https://doi.org/10.2147/IJN.S448743>.
3. Stoilov M. et al. Effects of different titanium surface treatments on adhesion, proliferation and differentiation of bone cells: an in vitro study // *Journal of Functional Biomaterials*. – 2022. – Т. 13. – №. 3. – С. 143. <https://doi.org/10.3390/jfb13030143>.
4. Huang Q. et al. Effects of hierarchical micro/nano-topographies on the morphology, proliferation and differentiation of osteoblast-like cells // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2016. – Т. 145. – С. 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.04.031>.
5. Lee C. K. W. et al. Laser-induced transfer of functional materials // *Topics in Current Chemistry*. – 2023. – Т. 381. – №. 4. – С. 18. <https://doi.org/10.1007/s41061-023-00429-6>.
6. Buzykin A., Ramos-Velazquez A., Amiaga J. Morphology and Chemical Composition study of Thin Films on Transparent Substrates, deposited with Laser-Induced Backward Transfer (LIBT) // *Frontiers in Optics*. – Optica Publishing Group, 2024. – С. JTU5A.17. <https://doi.org/10.1364/FIO.2024.JTu5A.17>.
7. Kartsev D. D. et al. Fabrication of Omniphobic-Omniphilic Micropatterns using GPOSS-PDMS Coating // *Advanced Materials Interfaces*. – 2023. – Т. 10. – №. 16. – С. 2300156. <https://doi.org/10.1002/admi.202300156>.