

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОДЕГРАДАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТНЫЙ ЗАРЯД И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ ПОЛИ-3-ОКСИБУТИРАТОВЫХ СКЭФФОЛДОВ

Р. В. Чернозем, М. А. Сурменева, В. В. Шварцман, А. Г. Скиртач
Научный руководитель – д.т.н., профессор Р. А. Сурменев

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, rsurmenev@mail.ru

Введение. Большое внимание уделяется разработке принципиально новых биосовместимых материалов, способных одновременно обладать пьезоэлектрическими свойствами для электро/механо-стимуляции клеток, а также биodeградировать с течением времени для предотвращения повторного хирургического вмешательства [1]. Одним из наиболее перспективных биodeградируемых полимеров является поли-3-оксibuтират (ПОБ), который обладает пьезоэлектрическими свойствами. Однако, пьезоотклик ПОБ существенно ниже по сравнению с не биodeградируемыми полимерами на основе полифинилиденфторида. Недавно было показано, что пьезоотклик ПОБ скэффолдов может быть значительно усилен с помощью добавления восстановленного оксида графена (ВОГ), который является биосовместимым и благодаря своей 2Д структуре нашел широкое применение в доставке лекарств или биосенсинге [2]. Однако, влияние биodeградации на потенциал поверхности и пьезоотклик ПОБ скэффолдов не изучено. Таким образом, цель работы заключается в исследовании влияния биodeградации на структуру, потенциал поверхности и пьезоотклик гибридных ПОБ-ВОГ скэффолдов для регенеративной медицины.

Материалы и методы. Гибридные полимерные скэффолды и единичные волокна на основе ПОБ и ВОГ были получены методом электроформования. Концентрация ВОГ варьировалась от 0 до 1 вес. % в полимерном растворе ПОБ. Для исследования влияния биodeградации на структуру и свойства скэффолдов, образцы были выдержаны в натрий-фосфатном буфере, содержащем панкреатическую свиную липазу, в течение 30 дней. Структурно-фазовые изменения скэффолдов были изучены с помощью рентгенофазового анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Измерения потенциала поверхности и пьезоотклика волокон были выполнены с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).

Результаты. РФА позволил установить отсутствие влияния биodeградации в течение 30 дней на параметры орторомбической решетки пьезо-активной α -фазы ПОБ. Однако, в результате анализа ДСК-результатов выявлено увеличение содержания кристаллической фазы с 48 % до 52 % и с 43 % до 48 % после 30 дней биodeградации соответственно для чистых ПОБ и гибридных скэффолдов, с наибольшим содержанием ВОГ (1 вес. %). При этом все скэффолды

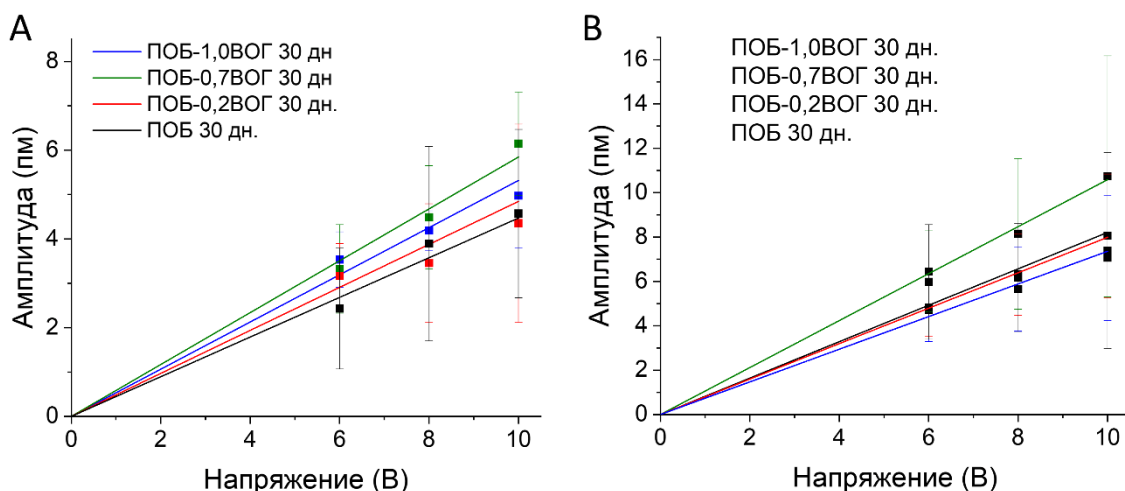


Рис. 1. Зависимость (А) вертикальной и (Б) латеральной амплитуды СЗМ от напряжения для гибридных ПОБ-ВОГ микроволокон

ды после биodeградации продемонстрировали линейную зависимость амплитуда-напряжение (рис. 1), т. е. наличие пьезоэффекта. Видно, что гибридные волокна с 0,7 вес. % ВОГ демонстрируют наибольший вертикальный ($0,59 \pm 0,03$ пм/В) и латеральный ($1,06 \pm 0,02$ пм/В) пьезоотклики по сравнению с другими составами. При этом максимальный потенциал поверхности был зарегистрирован для ПОБ-1,0ВОГ скэффолдов (361 ± 5 мВ). Данные значения пьезоотклика и потенциала поверхности скэффолдов после биodeградации значительно выше по сравнению со

значениями, опубликованными для исходных скэффолдов идентичных составов [2].

Заключение. В результате исследования установлено, что биodeградация приводит к увеличению значений потенциала поверхности и локального эффективного пьезоотклика гибридных ПОБ-ВОГ скэффолдов, что обусловлено увеличением их кристалличности вследствие деградации аморфной фазы.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-588 от 1.06.2021), а также РФФИ (проект № 20-63-47096).

Список литературы

1. Pina S., et al., // *Advanced Materials*, 2015. – V. 27. – № 7. – P. 1143–1169.
2. Chernozem R. V., et al., // *Nano Energy*, 2021. – V. 89. – P. 106473.

БИКОМПОНЕНТНЫЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ TiO_2 -Ag ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В. Р. Чжоу, О. В. Бакина, К. В. Сулиз

Научный руководитель – д.т.н., с.н.с. О. В. Бакина

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический 2/4, Valeriya_chzhou99@mail.ru

Присутствие органических красителей в промышленных сточных водах является одной из основных причин загрязнения окружающей среды. Промышленные стоки, содержат опасные, канцерогенные, небiodeградуемые окрашенные пигменты, которые даже в небольших концентрациях (ниже 1 мг/л) наносят серьезный вред организму человека и водной экосистеме. В связи с этим удаление красителей и бактериальных загрязнений является важной задачей.

В связи с низкой стоимостью, экологичностью и отсутствием вторичных отходов, фотохимическое окисление воды с образованием активных форм кислорода, разлагающих органические загрязнители представляет собой перспективную технологию для очистки промышленных сточных вод [1]. Из множества оксидных полупроводниковых материалов в данном применении оксид титана является наиболее перспективным. Однако его применение ограничено поглощением света ультрафиолетовой области электромагнитного излучения. Модификация наночастиц TiO_2 частицами благородных металлов способствует пространственному разделению зарядов и формированию гетероперехода Шоттки внутри частицы, что будет пре-

пятствовать рекомбинации электроно-дырочных пар и способствовать повышению фотокаталитической активности [2].

В представленной работе были исследованы наночастицы TiO_2 -Ag полученные электрическим взрывом проволочек в кислородосодержащей атмосфере (80 % об. Ag + 20 % об. O_2). Данный метод имеет ряд преимуществ перед другими физическими методами, такие, как высокая производительность, высокая скорость протекания процесса и охлаждения, возможность изменять параметры процесса и, соответственно, свойства порошка, низкая стоимость и простота оборудования [3]. Полученные наночастицы TiO_2 -Ag представлены морфологией янус-наночастиц со сферическим ядром оксида титана, окруженного фрагментами серебра (рис. 1). По данным рентгенофазового анализа полученные образцы представлены фазами оксида титана и серебра. Поскольку оксид титана в полученном образце представлен фазами рутила и анатаза, внутри исследуемых частиц возможна реализация двух типов гетеропереходов: межфазный (разделение электроно-дырочных пар между фазой рутила и анатаза) и гетеропереход Шоттки (возникает на границе полупроводника