

Зависимость электрохимических характеристик покрытий из углеродных наноматериалов от мощности ультразвуковой обработки углеродных дисперсных сред

Ефремова К.Д.^{1,2}, Кузнецова Е.А.¹

popovich_k@staff.sechenov.ru

¹ Институт биомедицинских систем, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники, Москва, Зеленоград, Россия

² ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Функциональные возможности имплантируемых нейростимулирующих систем определяются характеристиками электродного интерфейса, обеспечивающего передачу заряда в биологическую ткань [1]. Ключевым ограничением является несоответствие между параметрами стимуляции и электрохимическими свойствами традиционных материалов, что может приводить к локальным перегрузкам и нежелательным реакциям [1]. Титановые электроды, несмотря на биосовместимость и стабильность, характеризуются недостаточной эффективностью при электрической стимуляции, что требует модификации их морфологии и проводящих свойств [2]. Перспективными для этого являются одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ), способные формировать проводящие каркасы с высокой удельной поверхностью и эффективным переносом заряда.

Целью этой работы являлось установление влияния мощности ультразвуковой обработки дисперсных сред на основе ОУНТ на характеристики формируемых покрытий и определение оптимальных режимов, обеспечивающих максимальную зарядовую ёмкость электродов.

В работе варьировали мощность ультразвукового диспергирования в диапазоне 175–525 Вт в присутствии поверхностно-активного вещества дезоксихолата натрия. Качество дисперсных сред оценивали методами динамического светорассеяния и УФ-видимой спектроскопии. Установлено, что при увеличении мощности до 315–385 Вт средний размер агломератов уменьшается с 279 до ~235–240 нм, доля мелкодисперсной фракции возрастает на ~20%, а оптическая плотность увеличивается в 1,5 раза. При мощностях выше 385 Вт наблюдается появление частиц <100 нм, что указывает на фрагментацию нанотрубок.

Покрyтия, сформированные методом распыления на титановые подложки, исследовали методом циклической вольтамперометрии. Показано, что мощность обработки оказывает немонокотное влияние на их свойства: при 175 Вт зарядовая ёмкость составляет ~10,6 мкКл/см² вследствие сохранения агломератов. В диапазоне 245–385 Вт формируется однородная перколяционная структура, и ёмкость достигает максимального значения 21,3 мкКл/см² при 315 Вт, что более чем в 6,5 раза превышает показатель немодифицированного титана. Дальнейшее увеличение мощности приводит к снижению ёмкости до ~14–15 мкКл/см² вследствие частичной деструкции нанотрубок.

Работа выполнена в рамках крупного научного проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение No 075-15-2024-555 от 25 апреля 2024 года

Ссылки

1. M. Devi, M. Vomero, E. Fuhrer, E. Castagnola, C. Gueli, S. Nimbalkar, M. Hirabayashi, S. Kassegne, T. Stieglitz, S. Sharma. Carbon-based neural electrodes: promises and challenges (2021), 18, 041007.
2. S. Minnikanti, N. Peixoto. Implantable Electrodes with Carbon Nanotube Coatings (2011).