

Компоненты для биоинтегрированной электроники на основе углеродных наноматериалов

*Герасименко А.Ю.^{1,2}, Мурашко Д.Т.¹, Куксин А.В.¹, Сучкова В.В.^{1,2}, Попович К.Д.^{1,2},
Курилова У.Е.¹, Савельев М.С.^{1,2}, Шаман Ю.П.^{1,3}*

gerasimenko@bms.zone

¹ Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Зеленоград, Россия

² Первый МГМУ имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

³ НПК «Технологический центр», Москва, Зеленоград, Россия

В 2025 году объем мирового рынка углеродных наноматериалов превысил 7,5 млрд. долларов США, к 2034 году прогнозируется рост до 66,15 млрд. долларов США. Такое развитие обусловлено высоким темпом роста рынка углеродных нанотрубок (УНТ) и графена, которые имеют конечное применение в композиционных материалах для промышленности, наземных, водных и космических средств и др. Такие материалы крайне востребованы для создания электронных устройств и изделий медицинского назначения, а именно для доставки лекарств, деликатного определения местоположения ключевых органических атомов, точной и безопасной визуализации инфицированных биотканей и других новых типов терапии. Углеродные наноматериалы широко используются в медицинских приборах: рентгеновских аппаратах, биосенсорах, тканеинженерных конструкциях, компонентах гибкой электроники. Такие материалы обеспечивают конвергенцию управляемых электрофизических, оптических, механических свойств и даже обеспечение эффекта биорезорбции при восстановлении целостности тканей различных органов.

Для управления физическими свойствами композиционных материалов на основе УНТ и графена предложен подход, связанный с их лазерным структурированием. Поскольку, лазерное воздействие может обеспечить прецизионную настройку одномерной, двумерной и трехмерной нанотопологий моноатомных слоёв с ковалентно связанными sp^2 - и sp^3 -гибридизованными структурами, обеспечивающих высокую удельную поверхность при значительной гибкости и прочности, а также могут проявлять полупроводниковые или металлические свойства с высокой подвижностью носителей заряда и электропроводностью. В том числе такие свойства могут быть обеспечены и для трёхмерных структур в биополимерной матрице. Проблемой полимерных композитов является отсутствие связанного расположения наноматериалов, следствием чего формируется малое случайное количество узлов перколяции. В связи с этим, предложено формирование электропроводящих межсоединений с разными топологиями наноструктур в результате лазерного воздействия на УНТ и восстановленный оксид графена (ВОГ). Такие наноструктуры могут быть сформированы на гибких полимерных подложках и внедрены в полимерную матрицу в виде перколяционной сети. Лазерное формирование композиционных полимерных материалов позволяет снизить сопротивление более 10 раз, а также обеспечить регулирование размеров и количества пор при нелинейно-оптическом взаимодействии импульсного лазерного излучения с нанотрубками и графеном в полимерной матрице. В связи с этим, были разработаны методы послойного формирования электропроводящих слоистых конструкций для восстановления дефектов электрогенных биотканей.

Такие конструкции обладают управляемой пористостью и высокой усталостной прочностью. А также конструкции обеспечивают рост клеток различных биотканей, являются гемосовместимыми и могут быть сформированы лазерным воздействием непосредственно в дефектной части биоткани с целью восстановления ее целостности структуры и функций. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (Проект FSMR-2024-0003).