

Углеродные каркасные наноматериалы для управления нейронными процессами

Герасименко А.Ю.^{1,2}, Куксин А.В.¹, Мурашко Д.Т.¹, Савельев М.С.^{1,2}

gerasimenko@bms.zone

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

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

В последнее время из-за стремительного роста числа заболеваний нервной системы в медицинскую практику внедряются электронные устройства, интегрируемые с нервной тканью для диагностики и лечения этих заболеваний. Устройства должны обеспечивать установление прямых путей связи с нервной тканью для передачи сигналов от ткани к устройству и в обратном направлении. Для этого используются различные физические воздействия, которые в специфичных материалах преобразуются в электрический сигнал: в фоточувствительных полупроводниковых материалах при световом воздействии, в магнитных наноматериалах при воздействии внешнего магнитного поля, в пьезоэлектрических материалах при механических воздействиях [1]. При этом, наиболее эффективная прямая передача электрического сигнала осуществляется в полимерных композитах с наночастицами. Свойства поверхности материалов, интегрируемых с нервной тканью играют решающую роль в определении нейросовместимости, эффективности регистрации биопотенциалов и стимуляции электрическими сигналами. Предложено использование композиционных материалов на основе углеродных нанотрубок и графена, к основным преимуществам использования которых относится обеспечение пространственной селективности, высокого разрешения и увеличения ёмкости инъекции заряда [2, 3]. Для обеспечения высокой способности переноса заряда и низкого импеданса, выявлены условия формирования мультимасштабной поверхности электродной матрицы с учётом ограниченности пространства в спинном мозге. Предложены методики воздействия лазерным излучением для формирования упорядоченных наноструктур из углеродных нанотрубок и листов графена в матрице биополимеров. Сформированные поверхности нейроинтерфесов с атомно-молекулярной топологией на микро и наноуровнях и высокой плотностью расположения носителей заряда обеспечили эффективную передачу электрических сигналов при ёмкости инъекции заряда ~ 2 мКл/см². Продемонстрирована совместимость с клетками нервной ткани, получено на 30 % больше клеток нервной ткани по сравнению с контрольным значением через 72 часа инкубации. Предложенные структуры на основе углеродных наноматериалов перспективны для управления нейронными процессами.

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. E.A. Yusupovskaya, A.Yu. Gerasimenko et al. ACS Applied Electronic Materials (2025), **7**, 7640.
2. A. V. Kuksin, A.Yu. Gerasimenko et al. Diamond and Related Materials (2025), **159**, 112895.
3. M.S. Savelyev, A.V. Kuksin, A.Yu. Gerasimenko, et al. Polymers (2025), **17**, 1300.