Углеродные каркасные наноматериалы на основе углеродных нанотрубок и графена для электроники и биоэлектроники

Куксин А.В. [1] , *Мурашко Д.Т.* [1] , *Савельев М.С.* [1,2] , *Герасименко А.Ю.* [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 наиболее остро встала проблема несоответствия современным требованиям электронных кремниевых технологий и несовместимости традиционной диагностической и терапевтической электроники с биологическими тканями организма. К основным перспективным материалам для современной электроники являются аллотропные формы наноуглерода - нанотрубки и графен, структурные свойства которых обеспечивают управляемые электрофизические, оптические и механические свойства [1]. Обе формы наноуглерода способны выдерживать высокие плотности тока ~10^9 А/см^2, высокую теплопроводность на уровне 5300 Вт/м·К и обладают высокой прочностью и жёсткостью (модуль Юнга 1,0 ТПа, предел прочности 130 ГПа). Такие характеристики углеродных нанотрубок и графена делают их многообещающими кандидатами не только для функциональных компонентов твердотельной электроники, но и для создания гибких тонкопленочных транзисторов, электропроводников, накопителей энергии, которые превосходят кремниевую электронику или дополняют ее.

На основе выявленных особенностей взаимодействия углеродных нанотрубок и графена с лазерным излучением предложен новый подход к изготовлению кремниевых электронных и биоэлектронных устройств. Подход базируется на том, что одномерные и двумерные углеродные наноматериалы, к которым относятся углеродные нанотрубки и графен, за счёт малого размера и особенной структуры в виде моноатомных слоёв с ковалентно связанными атомами в гексогональные кольца имеют высокую степень удельной поверхности при значительной гибкости и прочности, а также могут проявлять полупроводниковые или металлические свойства с высокой подвижностью заряда и управляемой электропроводностью. Такими же свойствами может быть наделён трёхмерный биосовместимый материал на основе сконструированных наноструктур из углеродных нанотрубок, графена и их гибридов в полимерной или биополимерной матрице. Лазерное излучение стимулирует образование контактов между нанотрубками и графен-нанотрубных контактов, что приводит к созданию новых электропроводящих конструкций для полевых автоэмиссионных катодов, межсоединений с различными топологиями для интегральных схем, тензодатчиков для детектирования движений, интерфейсов для электростимуляции роста клеток и электропроводящих тканеинженерных конструкций [2-6].

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (Проект FSMR-2024-0003).

Ссылки

1. S. Pyo, Y. Eun, J. Sim, K. Kim and J. Choi. Micro and Nano Systems Letters (2022) 10.
2. A.Yu. Gerasimenko, A.V. Kuksin, Y. P. Shaman, et al. Nanomaterials (2022) 12, 2812.
3. M. M. Slepchenkov, A. Yu. Gerasimenko, A. V. Kuksin, et al. Diamond and Related Materials (2023), 140, 110512.
4. N. A. Nikitina, D. I. Ryabkin, V. V. Suchkova, et al. Micromachines (2023), 14, 1106.
5. A. Yu. Gerasimenko, E. Kitsyuk, U. E. Kurilova, et al. Polymers (2022), 14, 1866
6. A. Yu. Gerasimenko, U. E. Kurilova, M. S. Savelyev, D. T. Murashko and O. E. Glukhova. Composite Structures (2021), 260, 113517