

Эмиссионные интерфейсы на основе лазерно-индуцированных гибридных углеродных наноструктур

Куксин А.В.¹, Герасименко А.Ю.^{1,2}

artemkuks1n@yandex.ru

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

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

Эффект эмиссии электронов находит широкое применение в современной электронике, однако критически важной задачей остается снижение работы выхода материалов для уменьшения рабочих напряжений. Перспективным решением для эмиссии являются гибридные наноструктуры на основе углеродных нанотрубок и графена, которые обладают низким контактным сопротивлением и, как следствие, улучшенными эмиссионными свойствами. Для дополнительного улучшения эмиссионных характеристик такие наноструктуры могут быть функционализированы частицами металлов (La, In, Pt, Ba) [1]. Лазерные методы позволяют создавать прочные ковалентные связи между углеродными и металлическими частицами, значительно повышая стабильность и плотность эмиссионного тока [2].

Разработана методика лазерного формирования гибридных наноструктур на основе буферного слоя из чешуек восстановленного оксида графена (BOG) и слоем вертикально структурированных одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) и их пучков, функционализированных наночастицами BaO. Разветвленная углеродная наноструктура была сформирована с помощью импульсной лазерной обработки, что привело к фрагментации наночастиц BaO на углеродной поверхности. Исследования, проведенные с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) подтвердили, что частицы Ba(NO₃)₂ размером до 200 нм фрагментировались на более мелкие наночастицы BaO, покрывающие нанотрубки. Исследование эмиссионных вольт-амперных характеристик выявило 42-кратное увеличение эмиссионного тока лазерно-индуцированных гибридных наноструктур BOG/ОУНТ/BaO, по сравнению с исходной пленкой BOG/ОУНТ. Максимальный эмиссионный ток превысил 500 мкА, а плотность тока достигла 2 А/см². Превосходные эмиссионные свойства разработанных гибридных наноструктур можно объяснить сильным электронным взаимодействием между атомами углерода и барьера в гибридных наноструктурах BOG/ОУНТ/BaO. Помимо этого, снижение работы выхода гибридных наноструктур, определяющее электронную эмиссию, также может способствовать этому эффекту. Сформированные гибридные наноструктуры могут использоваться для формирования интерфейсов для биоэлектроники, обеспечивающих высокоэффективную передачу электронного заряда биологическим тканям при проведении электрической стимуляции и регистрации биопотенциалов.

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

Ссылки

1. A.Yu. Gerasimenko, E.P. Kitsyuk, A.V. Kuksin, R.M. Ryazanov, A.I. Savitskiy, M.S. Saveliev, A.A. Pavlov, *Diamond and Related Materials* (2019), **Vol. 96**, pp. 104.
2. A.Y. Gerasimenko, A.V. Kuksin, Y.P. Shaman, E.P. Kitsyuk, Y.O. Fedorova, A.V. Sysa, A.A. Pavlov, O.E. Glukhova, *Nanomaterials* (2021), **Vol. 11**, pp. 1875.