

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук Евсеева Александра Павловича**  
**на тему: «Влияние облучения заряженными частицами на**  
**характеристики функциональных углеродных наноматериалов»**  
**по специальности 1.3.5. – «Физическая электроника»**

В диссертационной работе Евсеева Александра Павловича «Влияние облучения заряженными частицами на характеристики функциональных углеродных наноматериалов» проведено исследование влияния параметров ионного и электронного облучения на изменение характеристик многостенных углеродных нанотрубок и композитных материалов на их основе.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Работа изложена на 126 страницах печатного текста и содержит 57 рисунков, 5 таблиц и список литературы, состоящий из 184 наименований. Диссертационная работа написана понятным языком, соответствует установленным правилам научного цитирования, материал изложен последовательно с учетом поставленных в работе целей и задач.

Наноразмерные углеродные структуры обладают уникальными свойствами, в числе которых высокая электро- и теплопроводность, прочность, долговечность. Эти свойства дают возможность создания на их основе уникальных функциональных наноматериалов. В настоящее время отмечается рост производства углеродных нанотрубок, а также расширение сферы их применения – от газочувствительных элементов до наполнителей композитных материалов. Важной задачей является направленная трансформация таких объектов, приводящая к изменению их физических свойств с целью формирования необходимых характеристик материалов для конкретных приложений (электроника, сенсорика, биомедицина). Используемый в данной диссертации метод создания ионно-индуцированных дефектов позволяет контролируемым образом модифицировать структуру углеродных нанотрубок для предсказуемого управления их свойствами. Актуальность проведенного в диссертационной работе исследования

несомненна, а полученные результаты важны для практического применения при создании новых функциональных материалов.

Положения, выносимые на защиту, научные выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, представляются вполне обоснованными. По результатам опубликованных работ соискателем сформулирован ряд научных положений, составляющих новизну диссертационной работы. К новым результатам относятся следующие:

- ионно-индуцированное модифицирование структуры дефектных МУНТ проходит в две стадии: на первой стадии происходит удаление внешних неоднородных графитизованных слоев и уменьшение диаметра МУНТ, а на второй стадии диаметр МУНТ увеличивается, образуются сшивки между стенками нанотрубок;

- облучение ионами аргона приводит к увеличению антибактериальной активности МУНТ;

- внедрение ориентированных углеродных нанотрубок в композитную матрицу позволяет получить материал с низким коэффициентом вторичной электронной эмиссии.

Несомненной практической значимостью диссертационной работы является проведенное исследование взаимодействия МУНТ с жидкостями и биообъектами (бактериями), актуальное для практического применения в областях микрофлюидики и биомедицины. Кроме того, полученные и исследованные углеродные покрытия с низким коэффициентом вторичной электронной эмиссии могут найти применение в электронике при устранении негативных эффектов от эмиссионных явлений.

Степень обоснованности и достоверности основных результатов и выводов подтверждается отсутствием противоречий с имеющимися экспериментальными и теоретическими литературными данными, использованием стандартных специализированных программных пакетов при моделировании исследуемых процессов.

Результаты, представленные в диссертации, докладывались на 13 международных и всероссийских конференциях, опубликованы в 9 статьях в рецензируемых журналах, индексируемых в Scopus/WoS/RSCI.

Материал автореферата полностью отражает содержание диссертационной работы. Автореферат соответствует перечню

опубликованных работ, включает основные цели и задачи диссертационной работы, раскрывает ее основные результаты и подчеркивает достоинства.

Диссертация соответствует специальности 1.3.5. - «Физическая электроника», а именно следующим ее направлениям: «изучение физических основ плазменных и пучковых технологий, в том числе модификации свойств поверхности, нанесение тонких пленок и пленочных структур»; «физические явления в твердотельных микро- и наноструктурах, молекулярных структурах и кластерах; проводящих, полупроводниковых и тонких диэлектрических пленках и покрытиях».

Вопросы и замечания:

1. В тексте под рисунком 42 содержится утверждение о трех характерных областях дефектообразования при ионном облучении, однако, описывая экспериментальные данные, автор говорит только о переходе из первой области во вторую.

2. Неясно, было ли проведено исследование наличия МУНТ в отфильтрованном растворе: далее в работе показана антибактериальная активность МУНТ, следовательно, стоило бы провести количественную оценку их содержания в очищенной воде.

3. В эксперименте используются нанотрубки длиной от единиц до сотен микрометров и диаметрами до 80 нм, при этом моделирование УНТ проведено для нанотрубок с 14 стенками и длиной 29.2 нм. Насколько хорошо результаты расчетов отражают реальную картину в эксперименте?

4. Используемая в тексте литературы аббревиатура ВЭЭ не отражена в списке сокращений. В тексте встречается незначительное количество опечаток, например на стр. 44 «циклогескана». В списке литературы встречается ряд ошибок оформления: в источнике 126 некорректно сокращены фамилии авторов, в источнике 150 статья русскоязычных авторов цитируется по переводной версии журнала.

Указанные выше замечания не умаляют значимости проведенного исследования. Выполненная Евсеевым А.П. диссертационная работа отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.5. «Физическая электроника» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5

Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Исходя из вышесказанного, считаю, что соискатель Евсеев Александр Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. «Физическая электроника».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики полупроводников и криоэлектроники, отделение физики твёрдого тела,

**КРУПЕНИН Владимир Александрович**

Контактные данные:

тел.: +7(495)939-30-14, e-mail: [krupenin@phys.msu.ru](mailto:krupenin@phys.msu.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.04 – «Физическая электроника»

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2

Тел.: +7 495 939-16-82; e-mail: [info@physics.msu.ru](mailto:info@physics.msu.ru)

Подпись Крупенина В.А. удостоверяю.