

**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**

1. Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, и заключения, списка литературы из 184 наименований, а также содержит 57 рисунков и 5 таблиц. Материал диссертационной работы представлен в последовательности, позволяющей проследить достижение поставленной цели исследования и решение указанных во введении задач. Следует отметить, что объём и структура работы вполне соответствуют требованиям «Положения» по оформлению диссертации.

2. Актуальность диссертационной работы.

Диссертационная работа Евсеева Александра Павловича посвящена изучению характеристик углеродных наноматериалов, преимущественно на основе многостенных углеродных нанотрубок, подвергнутых воздействию пучков ускоренных ионов и электронов.

Взаимодействие заряженных частиц с поверхностью твердых тел достаточно успешно исследуется в последние несколько десятилетий. Закономерности взаимодействия заряженных частиц с атомами мишени в объемных материалах на сегодняшний день достаточно хорошо изучены. Однако повсеместное использование в настоящее время в микро- и нанoeлектронике структур нанометрового масштаба требует новых исследований ввиду их малых размеров, наличия развитой поверхности и границ раздела. Дальнейший рост числа применений подобных материалов потребует разработки методик, в частности, ионно-пучковых, для управляемого воздействия на их свойства. Необходимы исследования фундаментальных проблем, учитывающие коренное различие

дефектообразования и трансформации структуры в наноразмерных и объемных структурах. Таким образом актуальность диссертационной работы Евсеева А.П., основной целью которой является исследование процессов дефектообразования в углеродных наноматериалах при воздействии заряженных частиц для применений модифицированных материалов в современных технологических процессах, не вызывает сомнений.

3. Новизна полученных результатов.

В диссертационной работе получен ряд новых результатов, среди которых хотелось бы выделить следующие:

- проведенное детальное исследование накопления дефектов в углеродных нанотрубках различного диаметра в широком диапазоне флюенсов облучения;

- показанная возможность изменения краевого угла смачивания МУНТ водой от гидрофильного до супергидрофобного состояния; разработанный метод получения полимерных УНТ-композитов с низким коэффициентом вторичной электронной эмиссии;

- установлено, что коэффициент вторичной электронной эмиссии исследуемых образцов зависит от типа внедряемых углеродных наполнителей

4. Степень обоснованности и достоверности полученных положений, основных результатов, выводов и рекомендаций подтверждается использованием современных экспериментальных методов анализа поверхности (сканирующая электронная микроскопия, комбинационное рассеяние света, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия), широким набором параметров облучения (энергия, флюенс, тип частиц), отсутствием противоречий с литературными данными и хорошим согласованием результатов, полученных при помощи различных экспериментальных методов и данными моделирования, выполненными в работе методом молекулярной динамики.

5. Практическая значимость результатов.

Несомненной практической значимостью диссертационной работы является продемонстрированная возможность создания градиента смачиваемости, что может обеспечить управление жидкостями на поверхности. Полученные полимеры с низким выходом вторичной эмиссии могут быть востребованы в электронной технике (ВЧ-генераторы, ускорители частиц, спектрометрическое оборудование).

6. Апробация работы.

Результаты диссертационной работы являются новыми и оригинальными, они были доложены на 13 Международных и Всероссийских конференциях и опубликованы в 9 рецензируемых статьях, индексируемых в Scopus/WoS/RSCI, в том числе опубликованных в высокорейтинговых международных журналах. Все основные научные выводы диссертационной работы подтверждены публикациями в рецензируемых изданиях.

7. Содержимое автореферата раскрывает основные результаты и выводы диссертации, соответствует перечню опубликованных работ. Материал автореферата позволяет раскрыть главные достоинства работы.

8. Замечания по работе.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В представленном обзоре литературы показано, что после прохождения первичной атермической фазы миграция дефектов может происходить вплоть до макроскопических временных масштабов. Однако в работе не представлены данные по миграции дефектов спустя время после облучения.

2. Известно, что зависимость вторичной электронной эмиссии от энергии первичных пучков для диэлектриков имеет куполообразный вид с тремя характерными областями. Автору следовало указать, чем обусловлен выбор диапазона энергии первичного пучка в проводимых исследованиях.

3. В работе не обсуждается насколько продолжительным является эффект увеличения как эффективности, так и скорости фильтрации тяжелых металлов таблетками облученных многостенных углеродных нанотрубок.

4. В тексте диссертации встречается ряд недостатков оформления, так на схемах ускорителя (рисунки 21-22) ряд видимых деталей установки оставлен без подписей; по тексту отсутствует единообразие в оформлении десятичных разделителей (стр. 57, 64, 67), а также знаков умножения. В оглавлении в пунктах 2.4, 3.5, 4.1, 4.3 нарушено форматирование – страницы повторно указаны на каждый перенос строки.

Однако, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. В целом, по объёму представленного материала, научной новизне, фундаментальности и достоверности результатов, обоснованности защищаемых положений, практической значимости представленная диссертация 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 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 нано-структурах, молекулярных структурах и кластерах; проводящих, полупроводниковых и тонких диэлектрических пленках и покрытиях». А также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, оформлена согласно требованиям согласно приложениям № 5, 6 Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что соискатель Евсеев Александр Павлович несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. - Физическая электроника.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, доцент,

ведущий научный сотрудник лаборатории

«Диагностика микро- и наноструктур»

Ярославского филиала Физико-технологического института

им. К.А. Валиева РАН (ЯФ ФТИАН РАН)

БАЧУРИН Владимир Иванович

21 августа 2023 г.

Контактные данные:

тел. +7(9109704697), e-mail: vibachurin@mail.ru

Научная специальность: 01.04.04 – физическая электроника

Ярославский Филиал Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Физико-технологического института им. К.А. Валиева

Российской академии наук. 150007, г. Ярославль, ул. Университетская, д. 21,

(4852) 24-65-52

email: director@yf-ftian.ru

Подпись ведущего научного сотрудника ЯФ ФТИАН РАН доктора физико-математических наук, доцента БАЧУРИНА В.И. удостоверяю

Директор ЯФ ФТИАН

Трушин О.С.